

Technická univerzita v Liberci

Ekonomická fakulta

Studijní program: **N 6208 – Ekonomika a management**

Studijní obor: **Podniková ekonomika**

Optimalizace kvality zpracování karbidu křemíku ve společnosti

KORUND BENÁTKY, s. r. o.

Optimizing the quality of Silicon Carbide processing in the company

KORUND BENÁTKY, s. r. o.

DP – EF – KPE 2011 – 18

Bc. Tomáš Kolomazník

Vedoucí práce: Ing. Jaromír Švihovský, Ph.D. - Katedra podnikové ekonomiky

Konzultant: Josef Kadeřábek, vedoucí výroby, KORUND BENÁTKY, s. r. o.

Počet stran: 96

Počet příloh: 0

Datum odevzdání: 6. 5. 2011

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 - Školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom(a) povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultaci s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V Liberci, 6. 5. 2011

.....

Bc. Tomáš Kolomazník

Anotace a klíčová slova

Diplomová práce, která se Vám dostává do rukou, je zaměřena do oblasti řízení jakosti. V teoretické části popisuje základní fakta, principy a postupy řízení jakosti. Praktická část diplomové práce je orientována do společnosti KORUND BENÁTKY, s. r. o., přesněji na kvalitu zpracování karbidu křemíku ve společnosti. Z této oblasti jsou zaznamenány výrobní procesy a postupy a následně je navrženo několik opatření pro jejich zlepšení. Zmiňované údaje jsou dále doplněny o nezbytnou teorii o karbidu křemíku a základní informace o společnosti.

Jakost, kvalita, řízení jakosti, karbid křemíku, SiC, brusiva, brusné zrno, brikety SiC, analýza zrnitosti, zrnitost FEPA Standard, Allgaier, třídění, sítování, KORUND BENÁTKY, s. r. o.

Annotation and keywords

The thesis, which you place in the hands, is focused on quality management. The theoretical part describes basic facts, principles and quality control procedures. The practical part is focused on the company KORUND BENÁTKY, s. r. o., more precisely on quality of Silicon Carbide in the company. There are reported production processes and procedures from this area. Consequently there are suggested several measures for improvement of this area. The above mentioned data are further complemented by necessary theory about Silicon Carbide and basic information about the company.

Quality, quality control , Silicon Carbide, SiC, abrasive, grain of abrasive, briquettes, FEPA Standard, Allgaier, grading, grading analysis, KORUND BENÁTKY, s. r. o.

Obsah

Seznam tabulek.....	10
Seznam ilustrací.....	11
Úvod.....	12
1 Řízení jakosti.....	13
1.1 Význam řízení jakosti.....	14
1.2 Vývoj řízení jakosti z historického hlediska.....	16
1.2.1 Prvopočátky jakosti	16
1.2.2 Vývoj řízení jakosti ve 20. století.....	16
1.3 Principy managementu jakosti.....	18
1.3.1 Princip zaměření na zákazníka	19
1.3.2 Princip vedení	19
1.3.3 Princip zapojení pracovníků	19
1.3.4 Princip učení se.....	19
1.3.5 Princip flexibility	20
1.3.6 Princip procesního přístupu	20
1.3.7 Princip systémového přístupu k managementu	20
1.3.8 Princip neustálého zlepšování	21
1.3.9 Princip rozhodování se na základě faktů	22
1.3.10 Princip vzájemně prospěšných vztahů s dodavateli	22
1.3.11 Princip společenské odpovědnosti.....	22
1.4 Koncepce managementu jakosti	22
1.4.1 Koncepce podle norem ISO.....	23
1.4.2 Koncepce podnikových standardů.....	26
1.4.3 Koncepce TQM (Total Quality Management)	27
1.5 Jakost průmyslového výrobku	30
2 Karbid křemíku.....	32
2.1 Vlastnosti karbidu křemíku	32
2.2 Výroba karbidu křemíku.....	32
2.2.1 Další typ výroby	34
2.3 Teorie zpracování karbidu křemíku.....	36
2.4 Užívané normy zabývající se karbidem křemíku	37
2.4.1 FEPA STANDARD 45-GB-1986 R 1993	37
2.4.2 FEPA STANDARD 42-1:2006 (en).....	41
2.4.3 FEPA STANDARD 42-2:2006(en).....	46
2.1 Užití karbidu křemíku.....	49
3 KORUND BENÁTKY, s. r. o.	51
3.1 Základní informace o společnosti.....	51
3.2 Základní sortiment společnosti.....	52
3.2.1 Bílý korund	53
3.2.2 Hnědý korund	54
3.2.3 Karbid křemíku.....	55
3.2.4 Brikety SiC a FeSi	55
3.2.5 Žáruvzdorné a podlahové směsi	57
3.3 Výrobní technologie a procesy	57
3.3.1 Výroba brusných zrn karbidu křemíku.....	57
3.3.2 Výroba briket.....	64

3.3.3	Postupy jakostních měření.....	68
3.3.4	Ostatní technologie výroby používané ve společnosti	71
3.4	Analýza slabých míst.....	72
3.4.1	Slabá místa ve výrobě brusných zrn	72
3.4.2	Slabá místa v procesech spojených s výrobou briket	73
4	Návrhy opatření a jejich ekonomické dopady	74
4.1	Změna struktury produkce brusného zrna karbidu křemíku.....	74
4.1.1	Analýza dat	75
4.1.2	Analýza odchylek výroby a prodeje	79
4.1.3	Možná opatření	81
4.1.4	Návrh implementace opatření a ekonomické dopady.....	82
4.2	Příprava materiálu pro výrobu briket karbidu křemíku	85
4.2.1	Analýza dat	85
4.2.2	Možná opatření	86
4.2.3	Návrh implementace opatření a ekonomické dopady.....	87
	Závěr	91
	Použitá literatura.....	92

Seznam zkratek

Al_2O_3	Oxid hlinitý, umělý bílý korund, umělý hnědý korund
AQAP	Allied Quality Assurance Publications
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTM E11	Standard Specification for Wire Cloth and Sieves for Testing Purposes
C	Uhlík
CaO	Oxid vápenatý
CO	Oxid uhelnatý
CWQC	Company Wide Quality Control
ČSN EN	Evropská norma převzatá do národního systému norem ČR
EFQM	European Foundation for Quality Management
ESK-SIC GmbH	Obchodní jméno společnosti
Fe_2O_3	Oxid železitý
FEPA	Fédération Européenne des Fabricants de Produits Abrasifs
FeSi	Ferosilicium
GMP	Good Manufacturing Practise
IRIS	International Railway Industry Standard
ISO	International Organization for Standardization
ISO/TS	International Organization for Standardization/Technical Specification
K_2O	Oxid draselný
MBNQA	Malcolm Baldrige National Quality Award
Na_2O	Oxid sodný
NaOH	Hydroxid sodný
NATO	North Atlantic Treaty Organization
PDCA	Plan, Do, Check, Act
SiC	Karbid křemíku
SiO_2	Oxid křemičitý
TQM	Total Quality Management
UKS	Ukrajinská směs

Seznam tabulek

Tabulka 1: Přínosy zavedení managementu jakosti pro zainteresované strany.....	15
Tabulka 2: Vysvětlivky k předchozímu obrázku aparatury.....	40
Tabulka 3: Srovnání značení testových sít	43
Tabulka 4: Rozdělení zrn F 4 až F 220.....	45
Tabulka 5: Srovnání značení testových sít	48
Tabulka 6: Ukázka tolerancí rozdělení zrna dle normy FEPA.....	75
Tabulka 7: Zastoupení zrnitostí v kategoriích FEPA	76
Tabulka 8: Struktura výroby.....	78
Tabulka 9: Struktura prodeje	79
Tabulka 10: Poměry míchání.....	82
Tabulka 11: Přehled ekonomických dopadů zaváděného opatření míchání zrna.....	84
Tabulka 12: Suroviny s obsahem SiC pro výrobu briket.....	85
Tabulka 13: Nákladové dopady změny receptury	89
Tabulka 14: Přehled ekonomických dopadů zaváděného opatření výroby polotovaru.....	90

Seznam ilustrací

Obrázek 1: Vývoj řízení jakosti ve 20. století	17
Obrázek 2: Nákres cyklu PDCA.....	21
Obrázek 3: Model Excellence EFQM.....	30
Obrázek 4: Podélný řez Achesonovou pecí před výpalem	33
Obrázek 5: Příčný řez Achesonovou pecí po výpalu.....	34
Obrázek 6: Plachta zakrývající výrobu SiC.....	35
Obrázek 7: Vypálený karbid křemíku	35
Obrázek 8: Letecký pohled na závod vyrábějící SiC	35
Obrázek 9: Pec na ohřev vzorků.....	38
Obrázek 10: Aparatura na měření povrchového křemíku	39
Obrázek 11: RO-TAB®	44
Obrázek 12: Sedigraf používaný firmou KORUND BENÁTKY, s. r. o.	49
Obrázek 13: Jedna z výrobních hal společnosti.....	52
Obrázek 14: Bílý korund	53
Obrázek 15: Výroba bílého korundu	54
Obrázek 16: Výroba hnědého korundu.....	55
Obrázek 17: Brikety SiC připravené k expedici.....	56
Obrázek 18: Brikety SiC po sklizení ze sušárny	56
Obrázek 19: Část drtící linky na SiC	58
Obrázek 20: Allgaier na třídění brusných zrn	60
Obrázek 21: Pohled na hrubou část třídící linky	61
Obrázek 22: Schéma jemné linky s „rozhazovačem“	62
Obrázek 23: Schéma hrubé linky.....	63
Obrázek 24: Brikety opouštějící lis	67
Obrázek 25: Porovnání struktury výroby a prodeje.....	80
Obrázek 26: Porovnání struktury výroby a prodeje po zavedení opatření	83

Úvod

Cílem této práce je optimalizace kvality zpracování karbidu křemíku ve společnosti KORUND BENÁTKY, s. r. o., avšak samotný začátek práce bude věnován nejprve teorii o řízení jakosti. Vedle nezbytných definic jakosti zde budou také uvedeny základní principy a koncepce pro efektivní řízení. Aby bylo možné dosáhnout cílů práce, bude zmíněna i základní teorie týkající se karbidu křemíku, jelikož právě karbid křemíku prochází téměř celým textem jako stěžejní prvek práce. Teorie o karbidu křemíku bude zaměřena především na jeho výrobu, normy a možnosti užití.

Druhá polovina práce pak již bude plně orientována do společnosti KORUND BENÁTKY, s. r. o. Po nezbytných informacích o společnosti jako takové a po základním přehledu jejího sortimentu bude již uveden skutečný popis výrobních technologií a postupů týkajících se zpracování karbidu křemíku. Z uvedených procesů budou vybrány ty, které negativně ovlivňují kvalitu zpracování. Na základě jejich důkladné analýzy budou navržena opatření ve snaze dosáhnout jednak lepší kvality výroby a pochopitelně také lepšího ekonomického výsledku společnosti.

Vzhledem ke specifčnosti zvoleného tématu a existenci jen malého množství literatury orientované na konkrétní postupy zpracování karbidu křemíku bude většina textu zpracována na základě pozorování, interních dokumentů poskytnutých společností a odborných konzultací s odpovědnými pracovníky ve společnosti KORUND BENÁTKY, s. r. o.

1 Řízení jakosti

Kvalita je jedna z nejdůležitějších vlastností každého výrobku a služby. V dnešní době právě jakost produktu, resp. služby, odděluje úspěšné společnosti od těch ostatních. Výsledná jakost je v očích spotřebitele, nikoli managementu nebo výrobních dělníků. Management si o svém produktu může myslet cokoli, ale pokud to tak nevnímá i spotřebitel, je to problém. Proto je nezbytné se řízení jakosti usilovně věnovat ve snaze maximální kvalitou uspokojit stále náročnější zákazníky.¹

Shigeru Mizuno ve své publikaci Řízení jakosti (překlad ing. Pavel Soukup) ohledně definice řízení jakosti píše: „*řízení jakosti je souhrnem všech prostředků, kterými jsme založili a dosáhli normy jakosti*“². Sám Mizuno uvádí, že čerpal z definic jedné z hlavních postav oblasti řízení jakosti a to od J. M. Jurana³ (1904 – 2008⁴), který definuje kvalitu slovy: kvalita je vhodnost k užití⁵ (volný překlad autora práce).

V běžné praxi se jakost neboli kvalita definuje na základě normy ČSN EN ISO 9000:2006 (ČSN EN – evropská norma převzatá do národního systému norem českých, ISO – International Organization for Standardization), ve které se píše: „*stupeň splnění požadavků souborem inhertních charakteristik*“⁶. Zde si pod pojmem inhertní charakteristiky představujeme vlastnost výrobku nebo služby, která je pro něj nejvíce charakteristická. Požadavky tedy můžeme definovat jako očekávání na výrobek nebo službu jednak od zákazníků a managementu, tak i definovaných v zákonech či normách.⁷

¹ FEIGENBAUM, A. V., Total quality control, s. 7.

² MIZUNO, S., Řízení jakosti, s. 23.

³ MIZUNO, S., Řízení jakosti, s. 23.

⁴ BERWICK, D., Joseph M. Juran 1904-2008 [online].

⁵ GOMES, H., Quality Quotes, s. 17.

⁶ ČSN EN ISO 9000, Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník, s. 19.

⁷ ČSN EN ISO 9000, Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník, s. 19.

1.1 Význam řízení jakosti

Podle výzkumu Evropské nadace pro řízení jakosti, European Foundation for Quality Management (EFQM), za spolupráce Evropské komise z let 1993 a 1994 účinné řízení jakosti vede k lepším ekonomickým výsledkům, lepší péči o zákazníka, individuálnímu rozvoji zaměstnanců a růstu firemní kultury. Jinými slovy, výkonnější řízení jakosti pomáhá společnosti stát se více konkurenceschopnou.⁸

Tyto výsledky potvrzuje i šetření z roku 2000, kde Dr. Singhal a Dr. Hendrich se svými týmy analyzovali vývoj stovek amerických firem v průběhu několika let poté, co firmy získaly svou první cenu za jakost. Výsledky průzkumu byly zcela jasné a poukazovaly na téměř dvojnásobný růst objemu produkce, zisků a celkové aktivity v porovnání se společnostmi bez získaného ocenění. Větší procentuální růst byl zaznamenán i u ceny akcií či počtu zaměstnanců.⁹

V dnešním globalizovaném světě hraje jakost zásadní roli, díky níž se firmy dokážou odlišit od konkurence a tím si udržet postavení na trhu. Jeden z průzkumů Evropské unie uvádí, že za ztrátu tržního podílu může ze dvou třetin právě nedostatečná kvalita výrobku nebo služby.¹⁰

Kvalitní řízení jakosti přináší výhody všem zainteresovaným stranám. Tyto přínosy shrnul Jaroslav Nenadál se svými kolegy v publikaci *Moderní management jakosti* do následující tabulky.¹¹

⁸ NENADÁL, J. et al., *Moderní systémy řízení jakosti*, s. 13.

⁹ NENADÁL, J. et al., *Moderní management jakosti*, s. 22.

¹⁰ NENADÁL, J. et al., *Moderní systémy řízení jakosti*, s. 14.

¹¹ NENADÁL, J. et al., *Moderní management jakosti*, s. 21.

Tabulka 1: Přínosy zavedení managementu jakosti pro zainteresované strany

Zainteresaná strana	Očekávané přínosy
Zákazníci	<ul style="list-style-type: none"> - zlepšená včasnost dodávek, - zvýšená důvěra v dodavatele, - snížení nákladů na životní cyklus, - snížení objemu stížností a reklamací apod.
Vlastníci/vrcholové vedení organizace	<ul style="list-style-type: none"> - vyšší spokojenost s dosahovanou výkonností organizace, - lepší perspektiva na trzích, - jasné vymezení pravomocí a odpovědností, - vyšší transparentnost systému a managementu apod.
Zaměstnanci	<ul style="list-style-type: none"> - zlepšení pracovního prostředí, - jasné vymezení odpovědností a pravomocí, - vyšší sociální jistoty a rozsáhlejší sociální programy, - zlepšená úroveň interní komunikace, - zlepšení v procesech řízení lidských zdrojů apod.
Dodavatelé	<ul style="list-style-type: none"> - zlepšení komunikace o požadavcích odběratelů, - dlouhodobé partnerské vztahy s odběrateli, - sdílení nejlepší praxe v oblasti managementu jakosti apod.
Společnost	<ul style="list-style-type: none"> - zlepšená výkonnost organizací (tj. vyšší objem odvedených daní), - snížení nezaměstnanosti, - respektování legislativních požadavků, - snazší orientace při výběrových řízeních apod.

Zdroj: Nenadál, J. et al., *Moderní management jakosti*, s. 21.

1.2 Vývoj řízení jakosti z historického hlediska

Řízení jakosti v jakékoli podobě a formě provází lidstvo od prvopočátků jeho existence. Původ slova jakost sahá až do starého Řecka, kde tento pojem popisoval již Aristoteles.¹²

1.2.1 Prvopočátky jakosti

Nejstarší písemná památka o řízení jakosti se týká Chammurapiho zákoníku, datuje se tedy do rozmezí let 1792 až 1750 před naším letopočtem. Jednalo se o část textu zabývající se jakostí a bezpečností staveb a možnými sankcemi za jejich nedodržení ve smyslu oko za oko, zub za zub¹³. Do přibližně stejného časového období se datuje příklad o Féníčanech, kteří za nedodržení požadavků (kvalitativních norem) u dodávek pro královský palác byli trestáni useknutím ruky.¹⁴

Další zajímavá zmínka z historie řízení jakosti se řadí do carského Ruska 17. století, odkud se dochoval dopis cara Petra I., který rozkazuje potrestat výrobce ručnic za špatnou dodávku pro armádu. Stejně tak vyžaduje trest za nedbalou kontrolu a definuje opatření, aby k problémům již nedocházelo.¹⁵ Jako další příklad se nabízí rozhodnutí britské Dolní sněmovny z roku 1887, které ukládalo za povinnost označit všechno dovážené zboží zemí původu.¹⁶ Pochopitelně od dnešního chápání jakosti se tyto příklady velice liší, ale jako důkaz, že jakost provází lidstvo od samotného počátku, postačují.

1.2.2 Vývoj řízení jakosti ve 20. století

K největšímu vývoji řízení jakosti došlo právě ve 20. století. Celý tento vývoj nám lépe přiblíží následující schéma (Obrázek 1).

¹² NENADÁL, J. et al., Moderní management jakosti, s. 16.

¹³ JANÁČEK, Z., Jakost – potřeba moderního člověka, s. 23.

¹⁴ JANÁČEK, Z., Jakost – potřeba moderního člověka, s. 23.

¹⁵ NENADÁL, J. et al., Moderní management jakosti, s. 16.

¹⁶ HONOVÁ, L., Problematika certifikace jakosti v ČR, s. 5.

ROK	TYP MODELU
1900	Model řemeslné výroby
1920	Model výrobního procesu s technickou kontrolou
1940	Model výrobního procesu s výběrovou kontrolou
1960	Model s regulací výrobních procesů
1975	Model výrobních procesů s koncepcí TQM
1987	Model dokumentovaných procesů
2000	

Obrázek 1: Vývoj řízení jakosti ve 20. století

Zdroj dat: NENADÁL, J. et al., *Moderní management jakosti*, s. 16-17.

Jako první je zmíněn model řemeslné výroby. Tento model byl založen na bázi přímého kontaktu výrobního dělníka a zákazníka. Přínosem modelu řemeslné výroby byla výborná komunikace, každý detail mohl být přizpůsoben přání zákazníka, což na druhou stranu vedlo k horší produktivitě práce, protože na vše bylo potřeba více času.¹⁷

A právě na nízkou produktivitu práce reagoval model výroby s technickou kontrolou. Model vychází ze vzniku výrobních linek, a stejně jako v případě pásové výroby, i zde byl průkopníkem Henry Ford. Jako první určil své nejschopnější pracovníky technickými kontrolory, kterým udělil odpovědnost za kvalitu produkovaných vozů. To vedlo k lepšímu a jednotnějšímu vnímání jakosti v rámci celé sériové výroby. Na druhou stranu samotní dělníci získávali iluzi, že oni za jakost nenesou odpovědnost. Jejich produkt vždy někdo zkontroloval a případné nedostatky nechal odstranit.¹⁸

Další v řadě se začal vyvíjet model výrobních procesů s výběrovou kontrolou, který používá statistické metody. Jako první se systém začal používat ve Spojených státech, mezi novátory se řadí hlavně pánové Romig a Shewhart, ale nejvíce se rozšířil v Japonsku na bázi regulace a přejímky za pomoci statistických postupů. Výběrová kontrola se uplatňovala již před druhou světovou válkou, a i dlouho po ní, kdy politicko-ekonomické podmínky vyžadovaly spíše kvantitu než důraz na rozvoj kvality.¹⁹

¹⁷ NENADÁL, J. et al., *Moderní management jakosti*, s. 16.

¹⁸ NENADÁL, J. et al., *Moderní management jakosti*, s. 16.

¹⁹ NENADÁL, J. et al., *Moderní management jakosti*, s. 16.

Okolo roku 1960 se v Japonsku začal rozvíjet systém CWQC (Company Wide Quality Control). Jednalo se o rozšíření aktivit i do dalších činností a procesů ve společnostech, a to i do těch předvýrobních.²⁰

Z modelu CWQC se v průběhu doby vyvinul model, který se označuje jako TQM (Total Quality Management). Do češtiny se běžně překládá jako celkové řízení jakosti. TQM je spíše filozofií než striktními postupy jak vést podnik ve všech jeho činnostech ve snaze dosáhnout maximální jakosti.²¹

V roce 1987 vznikly dnes asi nejrozšířenější koncepce managementu jakosti, a to normy ISO (International Organization for Standardization) řady 9000. Normy ISO jsou vydávány Mezinárodní organizací pro normy ISO. Podle norem ISO si firmy zavádějí vlastní systémy celopodnikového řízení jakosti s důrazem na dokumentaci ve snaze získat certifikaci, veřejně přijímaný dokument o fungujícím systému ve společnosti.²²

Model TQM a model ISO lze již označit za opravdu moderní systémy řízení jakosti, a tak se jimi, jakož i dalšími standardy, principy a postupy, budou ve větším rozsahu zabývat další kapitoly.

1.3 Principy managementu jakosti

Principy by měly tvořit základní pravidla, podle kterých se řídí a dále rozvíjí celý management jakosti. Širší společností je připomínáno jedenáct principů, ale například norma ČSN EN ISO 9000:2005 jich uvádí pouze osm. Tato norma také uvádí: „*Úspěch může být výsledkem zavádění a udržování takového systému managementu, jehož cílem je neustálé zlepšování výkonnosti organizace, a to na základě potřeb zainteresovaných stran.*“²³ Všech jedenáct principů bude stručně charakterizováno v následujících podkapitolách.

²⁰ NENADÁL, J. et al., Moderní management jakosti, s. 16.

²¹ NENADÁL, J. et al., Moderní management jakosti, s. 17.

²² NENADÁL, J. et al., Moderní management jakosti, s. 17.

²³ ČSN EN ISO 9000, Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník, s. 8.

1.3.1 Princip zaměření na zákazníka

Podstatou principu je vyhovět přáním a očekáváním zákazníků ve všech aspektech, na kterých jim záleží. Souběžně s tím si pochopitelně společnost musí uvědomit, kdo jsou její zákazníci a jaké jsou jejich požadavky a podle nich definovat samotné cíle organizace. Stejně důležitá je i pravidelná a srozumitelná komunikace se zákazníky, ověřování jejich spokojenosti a případné přizpůsobení.²⁴

1.3.2 Princip vedení

Vedení vytváří prostředí, kde jsou všichni pracovníci aktivně zapojeni do plnění cílů organizace. Toho se snaží dosáhnout za pomoci aktivity a kreativity ve všech oblastech svých činností, vedle toho musí být vedoucí pracovníci pochopitelně i inspirací, ideálně až vzorem pro své podřízené.²⁵

1.3.3 Princip zapojení pracovníků

Zaměstnanci musí být ve své práci spokojeni, ještě lépe hrdi na svou práci. Je potřeba pevně stanovit jejich role, pravomoci, odpovědnost a v souvislosti s tím hodnotit jejich výkonnost a efektivnost. Interní i externí vzdělávání je samozřejmostí, stejně tak jako všestranný dialog s každým pracovníkem pro odstranění bariér a využití jejich plného potenciálu.²⁶

1.3.4 Princip učení se

Princip učení se velice úzce souvisí s předchozím principem zapojení pracovníků. Základním kamenem je rozvoj schopnosti zaměstnanců. Všem pracovníkům musí personální oddělení umožnit odpovídající kariérní růst. K tomu je potřeba, aby si

²⁴ NENADÁL, J. et al., Moderní management jakosti, s. 26.

²⁵ SPEJCHALOVÁ, D., Management kvality, s. 18.

²⁶ NENADÁL, J. et al., Moderní management jakosti, s. 27-28.

organizace definovala požadavky na jejich rozvoj a následně naplánovala systematickou formu dalšího vzdělávání pracovníků.²⁷

1.3.5 Princip flexibility

V dnešním moderním světě je potřeba, aby organizace byla schopna se rychle a efektivně přizpůsobit změnám okolního prostředí. Princip flexibility počítá se sledováním a analyzováním vývojových trendů na trzích s využíváním moderních počítačových sítí a neustálé inovace na procesech i technologiích.²⁸

1.3.6 Princip procesního přístupu

Podstatou tohoto principu je řízení a optimalizace všech procesů v organizaci. Proces chápeme jako řadu dílčích úkonů měnící vstupy na výstupy. Pro efektivní řízení procesů je nejprve nutné je přesně definovat včetně všech stran v nich zainteresovaných, pro které je nutné stanovit pravomoci, odpovědnost a následně při systematickém monitorování probíhajících procesů pozitivně ovlivňovat faktory pro celkové zlepšení.²⁹

1.3.7 Princip systémového přístupu k managementu

Systémové řízení úzce souvisí s principem procesního přístupu. Ukládá, aby procesy nebyly řízeny nahodile, ale aby byly přesně identifikovány, podle souvislostí řazeny k sobě a řízeny podle pevně daných systémů. Tím se dá dosáhnout lepší efektivnosti v dosahování stanovených cílů.³⁰

²⁷ NENADÁL, J. et al., Moderní management jakosti, s. 28.

²⁸ NENADÁL, J. et al., Moderní management jakosti, s. 29.

²⁹ NENADÁL, J. et al., Moderní management jakosti, s. 29-30.

³⁰ ČSN EN ISO 9000, Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník, s. 9.

1.3.8 Princip neustálého zlepšování

Neustálé zlepšování je jedna z nejdůležitějších částí řízení jakosti. Tento princip vychází z Demingova cyklu PDCA (Plan, Do, Check, Act), který je graficky zachycen na obrázku číslo 2.



Obrázek 2: Náčrt cyklu PDCA

Zdroj: [http:// vectorstudy.com/management_theories/deming_cycle.htm](http://vectorstudy.com/management_theories/deming_cycle.htm) 10. 3. 2011.

Celý cyklus pomyslně začíná u Plan, česky „plánuj“, jak vyplývá z překladu, podstata činnosti je v určení záměru (plánu) pro zlepšení. Do se překládá jako „dělej“ a odpovídá realizaci naplánovaného záměru. Jako třetí fáze je C – Check česky „kontroluj“. Někdy se také uvádí Control a podstata je v kontrole a analýze zavedených opatření. První kolo cyklu uzavírá proces Act neboli „konej“, „jednej“. Při tomto procesu organizace bere v úvahu předchozí analýzu zavedených opatření a za její pomoci upravuje realizované zlepšení a napevno ho zavádí.³¹

Jelikož princip hovoří o neustálém zlepšování, po ukončení prvního cyklu Demingova schématu následuje opět proces plánování dalšího zlepšení.

³¹ VECTORSTUDY, The Deming Cycle [online].

1.3.9 Princip rozhodování se na základě faktů

Manažeři se musí rozhodovat na základě objektivních dat a informací. Veškeré pocity, osobní názory či postoje jsou nepřijatelné. Nezbytností pro tuto činnost je samotný sběr dat a informací, monitorování podnikových procesů, hloubková analýza získaných dat a jejich sdělení v rámci celé organizace.³²

1.3.10 Princip vzájemně prospěšných vztahů s dodavateli

Na trhu nemůže existovat firma, která by neodebírala od dodavatelů hmotné vstupy nebo alespoň služby či informace, a proto jsou na sobě oba subjekty částečně závislé. Vztahy s dodavateli jsou potřeba neustále zlepšovat, definovat strategicky významné dodavatele, dodavatele s velkým potenciálem a na ně se zaměřit nejintenzivněji. V tomto ohledu hrají významnou roli společné aktivity, například vývoj nových produktů, zlepšování současně dodávaných vstupů či sdílení know-how.³³

1.3.11 Princip společenské odpovědnosti

Každá organizace je svým způsobem odpovědná ke svému okolí. Pro společnosti to hlavně znamená nastolení etického a zodpovědného přístupu ke svým zaměstnancům, nabídka různých benefitů zaměstnancům a podobně. Potřebná je podpora regionálního rozvoje, například formou sponzoringu. Stejně tak je nezbytně důležitý pozitivní přístup k ochraně životního prostředí.³⁴

1.4 Koncepce managementu jakosti

V dnešní době se ve větším měřítku používají tři základní koncepce rozvoje managementu jakosti. Jedná se o koncepci založenou na bázi odvětvových standardů (někdy se také uvádí

³² ČSN EN ISO 9000, Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník, s. 9.

³³ NENADÁL, J. et al., Moderní management jakosti, s. 33.

³⁴ NENADÁL, J. et al., Moderní management jakosti, s. 34.

podnikových standardů), dále pak koncepce ISO a koncepce TQM. Jednotlivé koncepce se od sebe navzájem liší především v komplexnosti přístupu. Od norem ISO, které se orientují především na zákazníka, až po systémy na bázi TQM vynakládající maximální úsilí na všechny zainteresované strany. To se pochopitelně promítá i do náročnosti na peněžní zdroje a potřebné znalosti.³⁵

1.4.1 Koncepce podle norem ISO

První normy vydala Mezinárodní organizace pro normy ISO již v roce 1987, nesly označení ISO řady 9000, již tehdy byly zařazené do norem Evropské unie. Od té doby prošly dvěma radikálními změnami, ta poslední proběhla v roce 2000.³⁶

Normy ISO ř. 9000 jsou univerzální, je možné je použít jak ve všech výrobních organizacích, tak i ve službách či ve veřejném sektoru. Jinými slovy, charakter procesů není nijak podstatný. Požadavky stanovené normou mají pouze doporučující povahu, závaznými se stávají až ve chvíli, kdy se organizace zaváže svému odběrateli, že normy ISO zavede.³⁷

Sestava norem ISO ř. 9000:2000, v České republice publikovaná až v roce 2001 jako ČSN EN ISO ř. 9000 je v současnosti tvořena čtyřmi základními normami:³⁸

- ISO 9000:2005 Systém managementu kvality – Základní principy a slovník
- ISO 9001:2008 Systém managementu jakosti – Požadavky
- ISO 9004:2009 Řízení udržitelného úspěchu organizace – Přístup managementu kvality
- ISO 19011:2002 Směrnice pro auditování systému managementu jakosti a/nebo systému environmentálního managementu

³⁵ NENADÁL, J. et al., Moderní management jakosti, s. 41-42.

³⁶ NENADÁL, J. et al., Moderní management jakosti, s. 43.

³⁷ DUDEK, M., Od kontroly jakosti k ISO 9000.

³⁸ NENADÁL, J. et al., Moderní management jakosti, s. 44.

Oficiální uznání zavedeného systému jakosti probíhá na bázi certifikace, certifikovat lze jen podle normy ISO 9001. Certifikáty vydávají certifikační místa, která pro svou činnost potřebují akreditaci od národního akreditačního orgánu. V České republice se tento úřad nazývá Český institut pro akreditaci.³⁹

ISO 9000:2005 Systém managementu kvality – Základní principy a slovník

Jak již název napovídá, první část jednak charakterizuje základní pojmy, které jsou v dalších částech hojně užívány, a poté také popisuje osm primárních principů managementu jakosti. Těchto osm principů, mezi které patří například princip zaměření na zákazníka nebo procesní přístup, je již blíže popisováno v kapitole 1.3, která právě nese označení Principy managementu jakosti. Výjimkou jsou pouze principy flexibility, učení se a společenské odpovědnosti, které norma ISO 9000:2005 neuvádí.⁴⁰

ISO 9001:2008 Systém managementu jakosti – Požadavky

Norma ISO 9001:2008 Systém managementu jakosti – Požadavky má za úkol být nadnárodně akceptovaným kritériem pro získání certifikace managementu jakosti. Jedná se o stěžejní a také nejrozšířenější normu ze souboru norem řady 9000, a právě proto je jejímu obsahu věnovaná větší část pozornosti. Svou podstatou slouží k zavádění systému jakosti do organizací.⁴¹ Pochopitelně vychází z pojmů a principů definovaných v normě ISO 9000.

Celá norma je uspořádána do osmi kapitol, kde první tři kapitoly jsou spíše jen informativního charakteru, hlavní roli pro zavádění managementu jakosti nesou kapitoly 4 až 8.

- 4. Systém managementu jakosti
 - Stanovuje základní požadavky a požadavky na dokumentaci.⁴²

³⁹ DUDEK, M., Od kontroly jakosti k ISO 9000 [online].

⁴⁰ ČSN EN ISO 9000, Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník, s. 8-10.

⁴¹ NENADÁL, J. et al., Moderní management jakosti, s. 45.

⁴² ČSN EN ISO 9001, Systémy managementu jakosti – Požadavky, s. 14-15.

- 5. Povinnost managementu
 - Definuje povinnosti vedení, angažovanost, aktivitu, zaměření na zákazníka, komunikaci, plánování a celou politiku jakosti.⁴³
- 6. Management zdrojů
 - Zaměřuje se na plánování a řízení zdrojů, infrastrukturu, pracovní prostředí a vše okolo lidských zdrojů.⁴⁴
- 7. Realizace produktu
 - Obsahuje požadavky na procesy spojené s realizací produktu. Od požadavků na produkt, přes návrh a vývoj, nakupování, plánování, kontrolu, komunikaci se zákazníkem, až po samotnou výrobu či poskytnutí služby.⁴⁵
- 8. Měření, analýza a zlepšování
 - V poslední kapitole jsou definovány požadavky na měření a analýzu pro zjištění shody produktu, shody samotného systému managementu jakosti a pro možnost zlepšení.⁴⁶

ISO 9004:2009 Řízení udržitelného úspěchu organizace – Přístup managementu kvality

V roce 2009 došlo k radikálnímu přepsání této normy, do té doby norma ISO 9004 pod názvem Systém managementu jakosti – Směrnice pro zlepšení výkonnosti obsahovala text normy ISO 9001 částečně rozšířený o vysvětlující část a doporučení vedoucí ke zlepšení současných systémů managementu jakosti. Nyní se norma zabývá jak širším pohledem na řízení jakosti, tak i novými pohledy na management kvality a to například sebehodnocením, inovacemi, managementem znalostí, principem učení se či plněním požadavků všech zainteresovaných stran.⁴⁷

⁴³ ČSN EN ISO 9001, Systémy managementu jakosti – Požadavky, s. 17-19.

⁴⁴ ČSN EN ISO 9001, Systémy managementu jakosti – Požadavky, s. 19-20.

⁴⁵ ČSN EN ISO 9001, Systémy managementu jakosti – Požadavky, s. 20-27.

⁴⁶ ČSN EN ISO 9001, Systémy managementu jakosti – Požadavky, s. 28-30.

⁴⁷ ČSN EN ISO 9004, Řízení udržitelného úspěchu organizace – Přístup managementu kvality, s. 2-6.

V samotné normě ČSN EN ISO 9004 je předmět normy definován takto: „*Tato mezinárodní norma poskytuje organizacím návod, jak podpořit dosahování udržitelného úspěchu přístupem managementu kvality.*“⁴⁸

ISO 19011:2002 Směrnice pro auditování systému managementu jakosti systému a/nebo environmentálního managementu

Mezinárodní norma 19011 z roku 2002 slouží jako pomůcka k interním i externím prověřováním zavedeného managementu jakosti nebo environmentu. Vedle základních termínů a definic uvádí norma všeobecné zásady pro auditování, návod jak správně audit řídit, jaké všechny činnosti do auditu patří a také požadavky ohledně kompetenčnosti auditorů (osobní vlastnosti, znalosti, zkušenosti,...).⁴⁹

1.4.2 Koncepce podnikových standardů

Podnikové standardy se svou náročností a komplexností řadí mezi systémy na bázi ISO a TQM. Jejich počet v současnosti přesahuje šedesát a stále roste. Mezi nejznámější standardy patří GMP (Good Manufacturing Practise), ASME (American Society of Mechanical Engineers), IRIS (International Railway Industry Standard), ISO/TS 16949:2002 (International Organization for Standardization/Technical Specification) či AQAP (Allied Quality Assurance Publications). Jejich užití je vždy specializované do určitého odvětví. Například jeden z nejstarších standardů GMP se používá ve farmacii. Nebo například bez certifikace typu AQAP se firmy neobejdou, pokud chtějí dodávat pro NATO (North Atlantic Treaty Organization), ISO/TS 16949:2002 je zase nezbytné pro společnosti, které se pohybují v automobilovém průmyslu.⁵⁰

Odvětvové standardy respektují platné struktury normy ISO 9001, avšak v mnohém je rozšiřují a to hlavně z hlediska jejich specializace do jednotlivých odvětví. Právě pro jejich

⁴⁸ ČSN EN ISO 9004, Řízení udržitelného úspěchu organizace – Přístup managementu kvality, s. 10.

⁴⁹ STN EN ISO 19011, Návod na auditovanie systému manažérstva kvality a/alebo systému environmentálneho, s. 5-8.

⁵⁰ NENADÁL, J. et al., Moderní management jakosti, s. 42-43.

konkrétní orientaci a náročnost je mnohem těžší získat certifikace podle jednotlivých odvětvových standardů, avšak na druhou stranu jsou právě proto mnohem více uznávané a to i v jiných odvětvích, než na které jsou původně zaměřeny.⁵¹

1.4.3 Koncepte TQM (Total Quality Management)

Anglický název Total Quality Management se do češtiny zpravidla překládá jako celkové řízení jakosti, případně jako komplexní řízení jakosti. Jedná se jednoznačně o nejkompaktnější systém řízení jakosti, což podtrhuje v názvu právě anglické slovo total, které udává, že řízení jakosti se musí týkat každého výrobku, služby nebo činnosti organizace, stejně tak jako se musí podílet každý zaměstnanec. Organizace musí maximálně spolupracovat s každým dodavatelem a odběratelem, ať už je svým rozsahem malý či pro společnost představuje kritickou proměnnou ve svých procesech. Snaha o maximální jakost musí být zaměřena na všechny strany a na všechny aspekty podnikání.⁵²

TQM není pevně normováno jako tomu je u koncepcí ISO nebo odvětvových standardů zmiňovaných v předchozích kapitolách, jedná se spíše o otevřenou filozofii managementu, která se vši silou snaží neustálým zlepšováním dosáhnout stále rostoucích očekávání zákazníků. V publikaci Moderní systémy řízení jakosti Jaroslav Nenadál (jeden z autorů knihy) uvádí, že TQM je: „*otevřeným systémem, absorbujícím všechno pozitivní, co může být využito pro rozvoj podniku.*“⁵³

Ale právě proto, že koncepce TQM není nijak normovaná, byly na její podporu vyvinuty tzv. modely excelence. Tyto modely si berou za cíl aplikaci filozofie TQM do praxe. Mezi nejvýznamnější modely excelence patří model Demingovy ceny za jakost (Japonsko), americký model MBNQA (Malcolm Baldrige National Quality Award) nebo

⁵¹ NENADÁL, J. et al., Moderní management jakosti, s. 43.

⁵² FREHR, H. U., Total Quality Management, s. 2.

⁵³ NENADÁL, J. et al., Moderní systémy řízení jakosti, s. 29.

evropský EFQM Model Excellence (European Foundation for Quality Management).⁵⁴ O posledně jmenovaném modelu bude blíže pojednávat následující část textu.

EFQM Model Excellence

Tento model byl vyvinut organizací European Foundation for Quality Management, kterou můžeme překládat jako Evropskou nadaci pro podporu kvality⁵⁵ nebo jako Evropskou nadaci pro management jakosti⁵⁶. Model Excellence EFQM má obecný charakter, proto je možné ho aplikovat na všechny organizace bez toho, aby byl výsledek jakkoliv ovlivněn velikostí organizace nebo typem produktu.

Model je sestaven z devíti základních kritérií, ty jsou pak dále členěny na dalších třicet dvě dílčí kritéria. Prvních pět hlavních kritérií se označuje jako Nástroje a prostředky (anglický termín je Enablers), jejich základní obsah popisuje J. Nenadál ve své publikaci Měření v systémech managementu kvality následujícími definicemi:

- Vedení (Leadership)
 - „*Jak manažeři rozvíjejí a podporují naplnění mise a vize, rozvíjejí hodnoty pro dlouhodobý úspěch a jak jsou tyto implementovány prostřednictvím vhodných aktivit a chování. Jak jsou manažeři osobně zaangažováni do zabezpečení toho, že systém managementu je v organizaci rozvíjen a zaveden.*“⁵⁷
- Lidé (People)
 - „*Jak organizace řídí, rozvíjí a uvolňuje znalosti a celkový potenciál svých zaměstnanců na úrovni jednotlivců, týmu i celé struktury a jak tyto aktivity plánuje v zájmu podpory své politiky a strategie i v zájmu efektivního vykonávání procesu.*“⁵⁸

⁵⁴ NENADÁL, J. et al., Moderní management jakosti, s. 47.

⁵⁵ JANÁČEK, Z., Jakost – potřeba moderního člověka, s. 59.

⁵⁶ NENADÁL, J. et al., Moderní management jakosti, s. 47.

⁵⁷ NENADÁL, J., Měření v systémech managementu jakosti, s. 40.

⁵⁸ NENADÁL, J., Měření v systémech managementu jakosti, s. 43.

- Politika a strategie (Policy and Strategy)
 - „*Jak organizace implementuje svou vizi a misi díky jasné strategii orientované na zájmy zainteresovaných stran za podpory vhodné politiky, plánu, cílu a procesu.*“⁵⁹
- Partnerství a zdroje (Partnerships and Resources)
 - „*Jak organizace plánuje a řídí své vnější partnerské vztahy a interní zdroje v zájmu podpory své politiky a strategie i v zájmu efektivního vykonávání procesu.*“⁶⁰
- Procesy (Processes)
 - „*Jak organizace navrhuje, řídí a zlepšuje své procesy v zájmu politiky a strategie i v zájmu naprostého uspokojování zákazníku a jak generuje zvyšování hodnoty pro zákazníky i pro další zainteresované.*“⁶¹

Další čtyři hlavní kategorie označujeme jako výsledky (anglický termín Results):⁶²

- Výsledky vzhledem k zaměstnancům (People Results)
 - Jakých výsledků organizace dosahuje vzhledem ke svým zaměstnancům.
- Výsledky vzhledem k zákazníkům (Customer Results)
 - Jakých výsledků organizace dosahuje vzhledem ke svým zákazníkům.
- Výsledky vzhledem ke společnosti (Society Results)
 - Jaké výsledky má organizace ke komunitě ve svém okolí z pohledu státu a mezinárodního hlediska.
- Klíčové výsledky výkonnosti (Key Performance Results)
 - Jaké výkonnosti organizace dosahuje v porovnání s výkonností plánovanou.

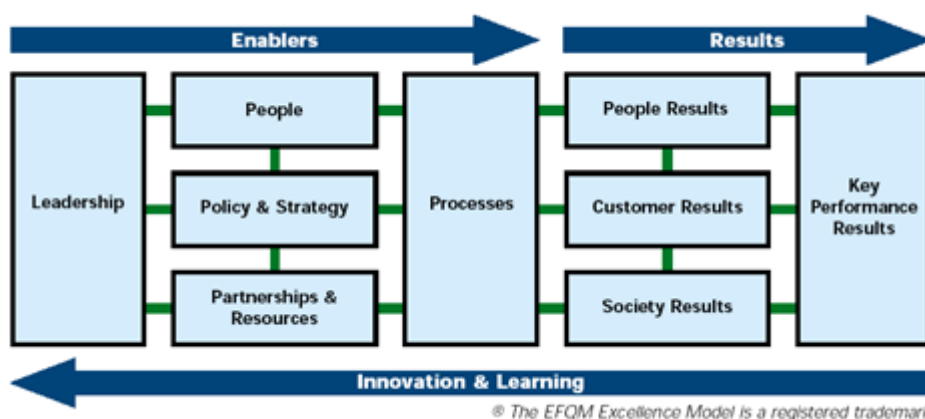
⁵⁹ NENADÁL, J., Měření v systémech managementu jakosti, s. 41.

⁶⁰ NENADÁL, J., Měření v systémech managementu jakosti, s. 44.

⁶¹ NENADÁL, J., Měření v systémech managementu jakosti, s. 46.

⁶² NENADÁL, J., Měření v systémech managementu jakosti, s. 47-50.

Těchto devět kritérií se pochopitelně podrobněji větví do již zmíněných třiceti dvou dílčích kategorií. Pro vyhodnocení celého zavedeného systému se pak hodnotí právě míra splnění jednotlivých kritérií, přičemž každému kritériu je připisovaná jiná váha. Celý systém je lépe patrný na následujícím schématu (Obrázek 3).



Obrázek 3: Model Excellence EFQM

Zdroj: <http://www.exchange2improve.com/wp-content/uploads/2007/07/efqm-small.gif> 15. 4 2011.

Model Excellence EFQM může sloužit jako inspirace pro rozvoj manažerských systémů kvality nebo pro účely systémového sebehodnocení, identifikaci silných stránek a možnosti zlepšení. Vedle toho se používá také jako báze pro udílení Ceny Excellence EFQM (dříve Evropská cena za jakost) a jejich národních obdob (Cena České republiky za jakost).⁶³

1.5 Jakost průmyslového výrobku

Ač má průmyslový trh svá specifika, základní principy jsou stejné. Primárním cílem je uspokojovat potřeby zákazníků. Dodávat výrobky, které si přejí, v požadovaných objemech a pochopitelně s maximální možnou kvalitou. Základní rozdíl od běžné řemeslné výroby nebo maloobchodního prodeje je právě objem výrobků a zboží, potažmo služeb s nimi spojených.⁶⁴

⁶³ NENADÁL, J. et al., Moderní management jakosti, s. 48.

⁶⁴ MIZUNO, S., Řízení jakosti, s. 13.

Shigeru Mizuno ve své publikaci Řízení jakosti (překlad ing. Pavel Soukup) komentuje jakost průmyslového výrobku slovy: „*U všech těchto výrobků se jedná o vlastnosti požadované při jejich používání. Jakost výrobku je zde tedy definována vlastnostmi, které charakterizují způsobilost výrobku k použití. Jiným způsobem to lze vyjádřit takto: jakost výrobku by měla zahrnout ty charakteristiky, které musí vykazovat, jestliže má být používán stanoveným způsobem. To je důležité, protože zákazník kupuje spíše užitnou hodnotu výrobku než výrobek jako takový.*“⁶⁵

S. Mizuno ve stejné publikaci kromě nutnosti splnění požadavku zákazníka také uvádí sedm dalších základních prvků pro jakost průmyslového výrobku. Jsou to: cena, hospodárnost, bezpečnost, trvanlivost, jednoduchost výroby i použití a případná bezproblémová likvidace.⁶⁶ Tyto pojmy hovoří sami za sebe a jejich bližší popisování není proto potřeba.

⁶⁵ MIZUNO, S., Řízení jakosti, s. 14.

⁶⁶ MIZUNO, S., Řízení jakosti, s. 15.

2 Karbid křemíku

Karbid křemíku byl poprvé průmyslově vyroben Edwardem G. Achesonem a byl nazván Carborundum. E. G. Acheson také zavedl jeho průmyslovou výrobu. Carborundum nese chemické označení SiC a jak je patrné, jedná se o sloučeninu křemíku a uhlíku. Přírodní forma této sloučeniny byla objevena až později v Ďábelském kaňonu v Arizoně Henrim Moissanem, po svém objeviteli byla nazvána moissanitem. Tento minerál je však velice vzácný. Jen zřídka se vyskytuje například v meteoritech, kde byl také prvně objeven. Proto všichni karbid křemíku, s kterým se můžeme setkat v běžném životě, je vyráběn synteticky.⁶⁷

2.1 Vlastnosti karbidu křemíku

SiC se nejčastěji vyskytuje jako krystalická látka, může být i amorfní, krystalizující v šesterečné soustavě, zřídka i krychlové soustavě⁶⁸. Její krystaly mají hustotu 3,2 g/cm³ a vyznačují se velkou tvrdostí, podle Mohsovi stupnice tvrdosti 9,13 až 9,20. Karbid křemíku má vysoký bod tání kolem 2700 °C, je dobrým tepelným a elektrickým vodičem a je odolný proti běžným anorganickým kyselinám.⁶⁹

2.2 Výroba karbidu křemíku

Hlavními surovinami pro výrobu SiC je křemičitý písek (SiO₂) a uhlík (C). Tyto suroviny projdou termochemickou reakcí, které odpovídá následující chemická rovnice (1):

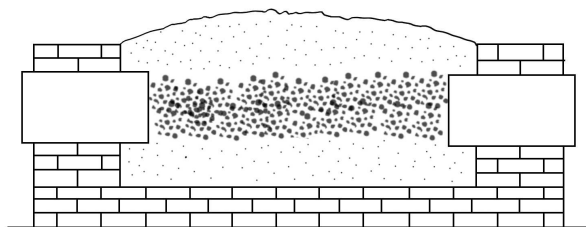


⁶⁷ KOLOMAZNÍK, M., Studium některých fyzikálních vlastností karbidu křemíku k posouzení jeho kvality, s. 3.

⁶⁸ KOLOMAZNÍK, M., Studium některých fyzikálních vlastností karbidu křemíku k posouzení jeho kvality, s. 5.

⁶⁹ KLIMEŠ, B. et al., Fyzikální a chemické tabulky, s. 130-155.

Samotná výroba neboli vypalování SiC probíhá v elektronických odporových pecích tzv. Achesonových pecích (Obrázek 4, Obrázek 5) při teplotách dosahujících až 2500 °C.



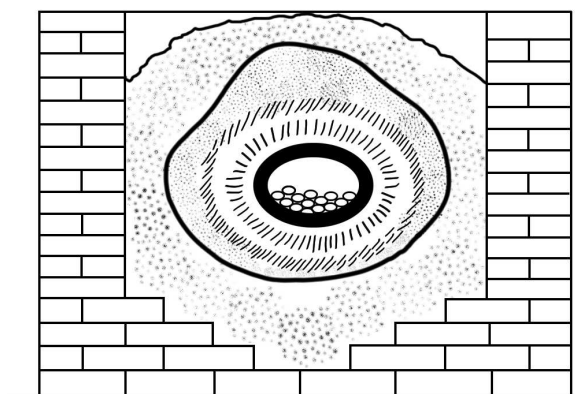
Obrázek 4: Podélný řez Achesonovou pecí před výpalem

Zdroj: ČERNÝ, V., POSPÍŠIL, L., *Brusivo a brusné nástroje*, s. 19.

Během vypalování, které trvá přibližně 40 hodin, dochází k přeměně vsázky (60 % křemičitého písku a 40 % koksu a minimální množství nečistot) na unikající oxid uhelnatý a oxidy jiných prvků⁷⁰, které jsou ve směsi jako nežádoucí příměsi, čímž dochází k redukci celkové hmotnosti přibližně na polovinu, tedy z původních dvaceti tun materiálu vznikne přibližně deset tun produktu. Při vypalování nevzniká jednotná forma karbidu křemíku, ale jeho struktura se liší podle toho, jak daleko se nacházejí od jádra pece. U jádra, kde pec dosahuje největších teplot, se vytváří grafit jednak z vyhořelého koksového paliva a jednak důsledkem vysokých teplot rozloženého SiC. Dál od jádra se pak nacházejí krystaly karbidu křemíku, které s rostoucí vzdáleností od jádra ztrácejí svou velikost a přecházejí až do amorfnní formy SiC. Na samotném povrchu zreagované směsi se pak vyskytuje siloxikon s nižším obsahem SiC ($\pm 30\%$) a s nečistotami.⁷¹(Obrázek 5)

⁷⁰ KOLOMAZNÍK, M., Studium některých fyzikálních vlastností karbidu křemíku k posouzení jeho kvality, s. 4.

⁷¹ ČERNÝ, V., POSPÍŠIL, L., *Brusivo a brusné nástroje*, s. 19-20.



Obrázek 5: Příčný řez Achesonovou pecí po výpalu
Zdroj: ČERNÝ, V., POSPÍŠIL, L., *Brusivo a brusné nástroje*, s. 20.

Amorfní karbid křemíku se vrací zpět do výroby, zatímco krystaly o různých velikostech se odlišnými způsoby drtí, čistí a následně třídí podle potřebných zrnitostí pro další užití.⁷² Touto oblastí se budou blíže zabývat další kapitoly práce.

2.2.1 Další typ výroby

Způsob výroby popsáný v předchozí kapitole je užíván především producenty na Ukrajině, vedle toho se další významný producent nachází v Holandsku, kde se jedná o společnost ESK-SIC GmbH. Tato společnost sama sebe ve svém katalogu označuje za producenta, který svými produkty obhospodařuje 10 % celosvětového trhu s SiC.⁷³

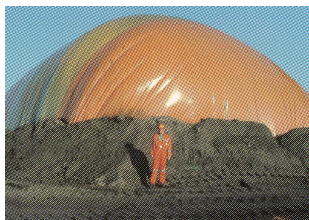
Z chemického hlediska i tato holandská výroba probíhá stejně, ale z hlediska technologického jsou patrné velké odlišnosti. Holandská společnost používá jiný typ odporových pecí. Vypaluje karbid křemíku přímo na volné ploše v daleko větším množství na jedno pálení. Pokud jsme v předchozí kapitole hovořili o dvaceti tunách na pec, zde se celková suma hmotnosti materiálu pohybuje okolo tisíce tun. Samotné vypalování pak probíhá podstatně delší dobu, v rozmezí mezi čtrnácti až třiceti dny.

Největší rozdíl je ale hlavně v tom, že výroba společnosti ESK-SiC GmbH je ekologicky šetrnější a to hlavně díky zachytávání až 90 % unikajících plynů, vzniklých při chemických

⁷² ČERNÝ, V., POSPÍŠIL, L., *Brusivo a brusné nástroje*, s. 19-20.

⁷³ ESK-SIC GmbH, Silicon Carbide, firemní katalog.

reakcích, které jsou zpětně použity jako zdroj energie pro výrobu, čímž dochází přibližně k 18% úspoře. Unikající oxidy jsou zachycovány pomocí plachet, které zakrývají veškerou vypalovanou směs.⁷⁴ Celý tento proces je lépe patrný z následujících obrázků (Obrázek 6, 7 a 8).



Obrázek 6: Plachta zakrývající výrobu SiC

Zdroj: Kollo silicon carbide b.v., Silicon carbide from the Netherlands.



Obrázek 7: Vypálený karbid křemíku

Zdroj: Kollo silicon carbide b.v., Silicon carbide from the Netherlands.



Obrázek 8: Letecký pohled na závod vyrábějící SiC

Zdroj: Kollo silicon carbide b.v., Silicon carbide from the Netherlands.

⁷⁴ Kollo silicon carbide b.v., Silicon carbide from the Netherlands, firemní katalog.

2.3 *Teorie zpracování karbidu křemíku*

Karbid křemíku se zpracovává v několika základních procesech. Brusná zrna se drtí, melou, čistí a nakonec třídí. Pro tyto procesy může být použito různých strojů, avšak principově se jednotlivé typy užívaných strojů od sebe nebudou zásadně lišit.

K hrubému zpracování surového SiC se užívá různých typů drtičů. Drcení slouží k rozdělení větších částí suroviny na menší zrna. Vstupní i výstupní materiál může dosahovat různých velikostí podle typu stroje a podle jeho síly určené k rozbití vstupujícího materiálu. Používají se tři základní typy drtičů a to podle mechanismu, jakým pracují. Jedná se buď o čelistové, válcové nebo kladívkové stroje. Zatímco válcový užívá ke své činnosti zpravidla dva válce, které se otáčejí proti sobě a bývají osazeny ostny, čelistový drtič pracuje za pomoci pohyblivé čelisti, která kmitavým pohybem drtí vstupující materiál na menší části o druhou čelist, která již nemusí být nutně pohyblivá. Kladívkový drtič rozbíjí velké části na menší, pomocí úderů kladívek do soustavy kovadlinek. Každý z těchto drtičů má svá přesná specifika a hodí se na něco jiného. Čelistový zpravidla slouží k drcení na nejhrubší kusy, naopak kladívkový drtí surovinu na nejjemnější zrna.⁷⁵

Procesy čištění můžeme rozdělit na dvě části. Za prvé se jedná o čištění surového SiC od cizorodých látek, ty se do materiálů můžou dostat při dopravě nebo špatném skladování. Tyto případy nejsou nijak časté a většinou se řeší vizuální prohlídkou či manuálním přebíráním. Druhá část čištění SiC je již sofistikovanější, jedná se o čištění od magnetických frakcí. Tato magnetická separace se používá zejména při užití karbidu křemíku pro výrobu brusného zrna a probíhá tak, že surovina prochází pod magnetem, který přitahuje všechny části obsahující magnetické a zmagnetizovatelné látky. Pro tento proces se používají jak permanentní magnety, tak elektromagnety, jejich síla závisí na tom, jak daleko jsou od postupující suroviny umístěny a do jaké míry je potřeba tyto látky odebírat.⁷⁶

⁷⁵ KAVALÍR, Výroba zrn černého karbidu křemíku, s. 5, interní norma.

⁷⁶ KAVALÍR, Výroba zrn černého karbidu křemíku, s. 8. interní norma.

Třídění SiC pro účely výroby brusných zrn probíhá na bázi síťování. Nejčastěji se užívá stroj zvaný Allgaier nebo celá soustava těchto strojů. Ten je uzpůsoben ke klepavému pohybu a uvnitř je umístěno různé množství sít, jimiž jednotlivá zrna postupně propadávají a tak se selektují. Třídění brusných zrn blíže popisuje následující kapitola zabývající se normami užívanými pro potřeby zpracování karbidu křemíku.⁷⁷

2.4 Užívané normy zabývající se karbidem křemíku

V minulosti byla velikost brusného zrna udávána v mikrometrech lomená deseti. Tedy větší číslo odpovídalo hrubšímu zrně.⁷⁸ Tento popis je však dnes již v mnohém překonaný. V dnešní době se velikost veškerých brusných zrn, tedy i karbidu křemíku, určuje podle norem FEPA (Fédération Européenne des Fabricants de Produits Abrasifs). V praxi se užívá označení F 4 až F 220 pro makrozrna⁷⁹ a od F 230 po F 2000 pro mikrozrna.⁸⁰ Stejně tak normy FEPA definují i požadavky na chemické složení průmyslově vyráběného karbidu křemíku.⁸¹

2.4.1 FEPA STANDARD 45–GB–1986 R 1993

Norma nese podtitul Chemical Analysis of Silicon Carbide, tedy chemická analýza karbidu křemíku, z čehož je jasné patrné, čeho se tato část normy FEPA týká. Je rozdělena do dvou dílčích částí. První se zabývá detekcí povrchových nečistot, v druhé části jsou pak rozebrané postupy měření obsahu jednotlivých složek v rozdrčené surovině. Norma nestanovuje, jaká musí být zastoupení jednotlivých látek, ty si surčují většinou spotřebitelé sami podle potřeby a druhu užití SiC.

⁷⁷ KAVALÍR, Výroba zrn černého karbidu křemíku, s. 7, interní norma.

⁷⁸ SIBERA, M., Co je zrnitost [online].

⁷⁹ FEPA Standard 42-1:2006(en), Grains of fused aluminium oxide, silicon carbide and other abrasive materials for bonder abrasives and for general industrial applications, s. 1-4. (dále citováno jako: FEPA Standard 42-1:2006(en), makrozrna)

⁸⁰ FEPA Standard 42-2:2006(en), Grains of fused aluminium oxide, silicon carbide and other abrasive materials for bonder abrasives and for general industrial applications, s. 1-4. (dále citováno jako: FEPA Standard 42-2:2006(en), mikrozrna)

⁸¹ FEPA standard 45-GB-1986 R 1993, Chemical Analysis of Silicon Carbide, s. 1.

I. sekce – Analýza povrchových nečistot

Na základě několika přesně definovaných procesů se měří obsah povrchových nečistot a to v procentech k celkové hmotnosti vzorku. Zjišťuje se obsah křemíku (Si), uhlíku (C), kyselin, oxidu křemičitého (SiO_2), SiC_R (karbid křemíku residuální), železa (Fe), oxidu hlinitého (Al_2O_3), oxid uhelnatého (CaO), oxid manganatého (MgO).⁸²

Veškerá měření probíhají na vzorcích, které jsou váženy při teplotě $110\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$ a jejich váha musí odpovídat na desetitisícinu gramu.⁸³ Pro definování zastoupení jednotlivých prvků nebo sloučenin jsou v normě přesně definovaná pravidla, názorně zobrazeny chemické aparatury pro měření a pochopitelně i nezbytné vzorce pro výpočet procentuálních obsahů. V drtivé většině se postupuje ohřevem vzorku (případně ohřevem v různých roztocích). Četnost výskytu prvku nebo sloučeniny se pak vypočítává na základě úbytku hmotnosti či objemu uvolněného plynu.⁸⁴



Obrázek 9: Pec na ohřev vzorků

Zdroj: Vyfoceno 21. 1. 2011 ve společnosti KORUND BENÁTKY, s. r. o.

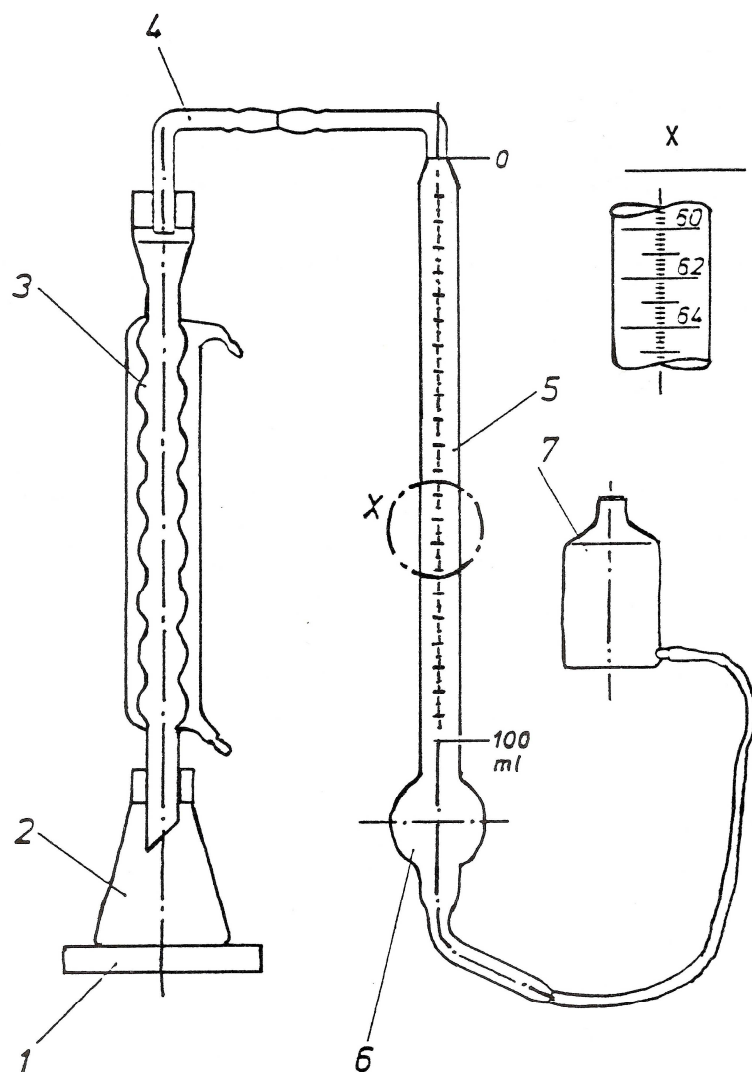
Například obsah povrchového křemíku je měřen na pětigramovém vzorku SiC v 40 ml hydrogenu sodného (NaOH) v chemické aparatuře (Obrázek 10), která je striktně popsána

⁸² FEPA standard 45-GB-1986 R 1993, Chemical Analysis of Silicon Carbide, s. 2-25.

⁸³ FEPA standard 45-GB-1986 R 1993, Chemical Analysis of Silicon Carbide, s. 2.

⁸⁴ FEPA standard 45-GB-1986 R 1993, Chemical Analysis of Silicon Carbide, s. 2-25.

v normě, jakož i další postup 90 minutového ohřevu, z kterého lze na konci procesu určit procentuální zastoupení povrchového křemíku.⁸⁵



Obrázek 10: Aparatura na měření povrchového křemíku
Zdroj: 1 FEPA standard 45-GB-1986 R 1993, *Chemical Analysis of Silicon Carbide*, s. 4.

⁸⁵ FEPA standard 45-GB-1986 R 1993, *Chemical Analysis of Silicon Carbide*, s. 2-6.

Tabulka 2: Vysvětlivky k předchozímu obrázku aparatury

Číslo	Anglický název	Český ekvivalent
1	Hot plate	Horká podložka
2	100 ml conical flask	Kónická baňka na 100 ml
3	Condenser	Chladič
4	Angled tube	Zahnutá trubice
5	Gas burette	Plynová byreta
6	Reservoir 200 ml	Nádoba na 200 ml
7	Levelling bottle	Vyrovňovací lahev

Zdroj: FEPA standard 45-GB-1986 R 1993, Chemical Analysis of Silicon Carbide, s. 2.

II. sekce – Analýza povrchových nečistot

Druhá část normy je zaměřena na měření volného uhlíku, celkového množství uhlíku a samotného karbidu křemíku. Jako pokusný vzorek slouží přibližně 20 kg materiálu, který se nahrubo rozdrtí a prosítují tak, aby velikost zrn dosahovala maximálně 2,5 mm. Drcení se případně opakuje až do doby, kdy celý 20 kg vzorek nebude odpovídat předepsané maximální velikosti zrn 2,5 mm. Z těchto 20 kg vzorku se odebere další část, která se opět sítuje tak, aby výsledná zrnitost byla opět menší. Tento proces postupné selekce se ještě několikrát opakuje, až se dostane požadovaný vzorek o váze 25 g a velikosti zrn nižších 0,15 mm.⁸⁶

Měření celkového množství uhlíku vychází z měření uhlíku povrchového v první části normy. Při měření se dosahuje teploty 1200 °C a probíhá za stálého přísunu 300 ml kyslíku (O₂) za 1 minutu. Použitá aparatura je výrazně složitější, než je ta uvedená v předchozí části textu, ale svým principem se zásadně neliší.⁸⁷ Důsledkem vysokých teplot dochází ke vzniku CO₂ a jeho hmotnost je pak podle uvedených vzorců (2 a 3) přepočítávána na procentuální zastoupení uhlíku ve zkoumaném vzorku.⁸⁸

⁸⁶ FEPA standard 45-GB-1986 R 1993, Chemical Analysis of Silicon Carbide, s. 26.

⁸⁷ FEPA standard 45-GB-1986 R 1993, Chemical Analysis of Silicon Carbide, s. 28-29.

⁸⁸ FEPA standard 45-GB-1986 R 1993, Chemical Analysis of Silicon Carbide, s. 9-12.

$$C (\%) = \frac{(m_0 - m_1) * 0,2729}{m_0} * 100 \quad (2)$$

$$0,2729 = \frac{C}{CO_2} \quad (3)$$

Měření volného uhlíku probíhá obdobně jako měření celkového množství uhlíku ve zkoumaném vzorku a celkové procentuální zastoupení SiC je pak vypočteno na základě jednoduchého vzorce (4), kde číslo 3,3383 vychází z poměru zastoupení uhlíku v karbidu křemíku (5).⁸⁹

$$SiC (\%) = (C - C_v) * 3,3383 \quad (4)$$

$$3,3383 = \frac{SiC}{C} \quad (5)$$

Při striktním dodržení stanovených postupů a nástrojů norma garantuje přesnost měření u karbidu křemíku na $\pm 0,4 \%$, celkového množství uhlíku $\pm 0,1 \%$ a u množství volného uhlíku $\pm 0,7 \%$.⁹⁰

2.4.2 FEPA STANDARD 42-1:2006 (en)

Norma FEPA 42-1:2006 (en) nese označení: „*Grains of fused aluminium oxide, silicon carbide and other abrasive materials for bonder abrasives and for general industrial applications.*“⁹¹ Volně přeloženo: značení zrn oxidu hlinitého, karbidu křemíku a dalších abrasivních materiálů pro abrasivní pojiva a pro hlavní průmyslové procesy. V podtitulu se pak můžeme dočíst, že se jedná jen o makrozrna, tedy s označením F 4 až F 220.

Systém měření není nijak náročný a oproti předchozí zmiňované normě FEPA STANDARD 45-GB-1986 R 1993 se jedná o čistě mechanický postup. Měření

⁸⁹ FEPA standard 45-GB-1986 R 1993, Chemical Analysis of Silicon Carbide, s. 30-31.

⁹⁰ FEPA standard 45-GB-1986 R 1993, Chemical Analysis of Silicon Carbide, s. 33.

⁹¹ FEPA Standard 42-1:2006(en), makrozrna, s. 3.

probíhá na soustavě nad sebou uložených sít. Testová síta mají dva základní typy označení. Buď je definovaná na základě velikosti otvorů (světlost oka) v mm nebo μm , z čehož vyplývá, jaké největší zrno může sítem propadnout – tohoto systému užívá právě norma FEPA 42-1:2006 (en) na základě normy ISO 565. Druhou možností značení sít je množství ok na čtvereční palec podle standardu ASTM E11⁹² (Standard Specification for Wire Cloth and Sieves for Testing Purposes⁹³). Pro přehlednost je poměr těchto dvou značení uveden v následující tabulce podle toho, jak ho uvádí FEPA STANDARD 42-1:2006(en).

⁹² FEPA Standard 42-1:2006(en), makrozrna, s. 4.

⁹³ ASTM International Standards Worldwide, ASTM E11-09e1 [online].

Tabulka 3: Srovnání značení testových sít

Velikost otvorů (ok) v sítu podle normy ISO 565		Velikost otvorů (ok) v sítu podle ASTM E 11
mm	μm	Počet otvorů na čtvereční palec
8,00		5/16"
6,70		0,265"
5,60		No 3 1/2
4,75		No 4
4,00		No 5
3,35		No 6
2,80		No 7
2,36		No 8
2,00		No 10
1,70		No 12
1,40		No 14
1,18		No 16
1,00		No 18
	850	No 20
	710	No 25
	600	No 30
	500	No 35
	425	No 40
	355	No 45
	300	No 50
	250	No 60
	212	No 70
	180	No 80
	150	No 100
	125	No 120
	106	No 140
	90	No 170
	75	No 200
	63	No 230
	53	No 270
	45	No 325

Zdroj: volný překlad z FEPA standard 42-1:2006(en), makrozmra, s. 5.

Samotné měření pak probíhá se vzorkem, který je vysušen při teplotě $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a má doporučenou váhu $100\text{ g} \pm 1\text{ g}$. Váha vzorku není konkrétně určena, ale jsou uváděna doporučení vzhledem ke statistické reprezentativnosti vzorku.⁹⁴ Dále probíhá tzv. síťová analýza, kdy je zkoumaný materiál po dobu $5\text{ minut} \pm 5\text{ sekund}$ umístěn do přístroje

⁹⁴ FEPA Standard 42-1:2006(en), makrozmra, s. 7.

RO-TAB® (Obrázek 11), který se skládá z vibrátoru a soustavy pěti testových sít, která lze podle potřeby měnit.⁹⁵



Obrázek 11: RO-TAB®

Zdroj: Vyfoceno 21. 1. 2011 ve společnosti KORUND BENÁTKY, s. r. o.

Pro nastavení všech testových sít a interpretaci výsledku slouží tabulka uvedená na další straně.

⁹⁵ FEPA Standard 42-1:2006(en), makrozrna, s. 4.

Tabulka 4: Rozdělení zrn F 4 až F 220

Označení zrna	Test na síť 1			Test na síť 2			Test na síť 3			Test na síť 3 a 4			Test na síť 3, 4 a 5			Množství propadu celou aparaturou
	Velikost otvorů v síti 1		Zbýlé množství na síti 1	Velikost otvorů v síti 2		Zbýlé množství na síti 2	Velikost otvorů v síti 3		Zbýlé množství na síti 3	Velikost otvorů v síti 4		Suma zbylého množství na sítích 3 a 4	Velikost otvorů v síti 5		Suma zbylého množství na sítích 3, 4 a 5	
	mm	μm		mm	μm		mm	μm		mm	μm		mm	μm		
F 4	8,00			5,60			4,75			4,00			3,35			
F 5	6,70		0	4,75		20	4,00		40	3,35		70	2,80		není definován	3
F 6	5,60			4,00			3,35			2,80			2,36			
F 7	4,75			3,35			2,80			2,36			2,00			
F 8	4,00			2,80			2,36			2,00			1,80			
F 10	3,35		0	2,36		20	2,00		45	1,70		70	1,40		není definován	3
F 12	2,80			2,00			1,70			1,40			1,18			
F 14	2,36			1,70			1,40			1,18			1,00			
F 16	2,00			1,40			1,18			1,00						
F 20	1,70		0	1,18		20	1,00		45			70			není definován	3
F 22	1,40			1,00												
F 24	1,18					25						65				
F 30	1,00															
F 36		850	0		710	25		600	45		500		425			
F 40		710			600			500			425		355		není definován	3
F 46		600			500	30		425	40		355		300			
F 54		500			425			355			300		250			
F 60		425	0		300	30		300			250		212			
F 70		355			250	25		250	40		212		180		není definován	3
F 80		300			212			180			150		125			
F 90		250			180			150			125		106			
F 100		212	0		150	20		125	40		106		75		není definován	3
F 120		180			125			106			90		63			
F 150		150			106	15		75			63		45			
F 180		125	0		90	15		75	není definován		63		53		65	není definován
F 220		106			75			63			53		45		60	

Zdroj: volný překlad z FEPA standard 42-1: 2006(en), makrozrna, s. 6.

Z tabulky je jasné patrné, že pokud producent chce označit svůj produkt například F 24, musí testová síta jedna až pět odpovídat hodnotám 1,18 mm, 850 μm , 710 μm , 600 μm , 500 μm .

Interpretace výsledků probíhá také za pomoci tabulky číslo 4, která stanovuje, jaké minimální nebo maximální procentuální množství vzorku má zůstat na jednotlivých testových sítích, případně jaké množství má být na několika testových sítích v součtu. Za příklad je možné uvést opět zrnو označené jako F 24. Pro něj na sítu číslo jedna (1,18 mm) nesmí zůstat žádný materiál. Na druhém sítu (850 μm) maximálně 25 %, na třetím (710 μm) minimálně 45 %, na třetím a čtvrtém (600 μm) dohromady minimálně 65 %. Součet ze sítí tři až pět není definován a celkový propad, tedy množství vzorku, které propadne i sítím pět (500 μm) nesmí být větší jak 3 %.⁹⁶ Jinými slovy, ve zkoumaném vzorku musí být minimálně 65% podíl zrn o velikosti 600 μm až 850 μm (často označované jako hlavní část), nad 850 μm může být 25 % zrn, ale žádná zrna větší 1,18 mm a maximální podíl zrn menších jak 500 μm je stanoven na 3 %.

Norma také specifikuje možné odchylky při opakovaném měření. U větších zrn (F 4 až F 60) může docházet až k 4% nárůstu zbylého materiálu na druhém sítu a ke stejné velkému úbytku na sítích tři a čtyři. U ostatních makrozrn (F 70 až F 220) je možný nárůst na sítu dvě v hodnotě 3 %, v souvislosti se stejným úbytkem na sítích tři a čtyři (u F 180 a u F 220 se připouští i menší podíl na sítu pět).⁹⁷

2.4.3 FEPA STANDARD 42-2:2006(en)

Norma FEPA 42-2:2006(en) nese stejné označení jako první část normy, ve volném překladu: značení zrn oxidu hlinitého, karbidu křemíku a dalších abrasivních materiálů pro abrasivní pojiva a pro hlavní průmyslové procesy. Rozdíl je ovšem v podtitulu, druhá část normy FEPA STANDARD 42 se zabývá analýzou mikrozrn F 230 až F 2000.⁹⁸

⁹⁶ FEPA Standard 42-1:2006(en), makrozrna, s. 6.

⁹⁷ FEPA Standard 42-1:2006(en), makrozrna, s. 8.

⁹⁸ FEPA Standard 42-2:2006(en), mikrozrna, s. 3.

Po splnění požadavků této normy může producent označit svůj produkt několika způsoby. Jednotlivé způsoby se od sebe liší především jen množstvím poskytnutých informací a zkracováním jednotlivých částí názvu. Za příklad je možné uvést nejobsáhlejší verzi názvu v porovnání s nejstručnější, tedy Silicon karbide – F 400 – FEPA 42-2:2006(en), respektive jen F 400.⁹⁹

Rozdělení zrn do jednotlivých kategorií odpovídá několika kritériím. Všechna kritéria jsou určena na základě analýzy distribuční funkce velikosti zrn. Norma postupně definuje maximální velikost zrna, jehož výskyt ve zkoumaném vzorku odpovídá třetímu percentilu na distribuční funkci, což odpovídá požadavku, že 3 % zrn ve vzorku nesmějí být větší jak udaná hodnota. Obdobným způsobem je definován medián, který musí odpovídat dané hodnotě s uvedenou tolerancí, tedy 50 % zrn musí být větší, resp. menší, než udaná hodnota. Poslední kritérium je pak stanoveno na devadesátém čtvrtém percentilu, zde je nadefinována hodnota, která odpovídá jeho minimální velikosti, což koresponduje s podmínkou, že 6 % zkoumaného vzorku nesmí být menší než tato udaná hodnota. U nejmenší velikosti zrn (F 1200, F 1500 a F 2000) se třetí podmínka nepatrně liší, jelikož definuje minimální velikost zrna odpovídající již osmdesátému percentilu, nikoli devadesátému čtvrtému, jak je tomu u ostatních.¹⁰⁰ Veškeré hodnoty odpovídající těmto třem podmínkám shrnuje následující tabulka (Tabulka 5).

⁹⁹ FEPA Standard 42-2:2006(en), mikrozrna, s. 3.

¹⁰⁰ FEPA Standard 42-2:2006(en), mikrozrna, s. 3-4.

Tabulka 5: Srovnání značení testových sít

Označení zrna	Maximální velikost zrna μm odpovídajícího 3. percentilu	Hodnota velikosti zrna μm odpovídající mediánu	Maximální velikost zrna μm odpovídajícího 94. percentilu
F 230	82	53,0 +- 3,0	34,0
F 240	70	44,5 +- 2,0	28,0
F 280	59	36,5 +- 1,5	22,0
F 320	49	29,2 +- 1,5	16,5
F 360	40	22,8 +- 1,5	12,0
F 400	32	17,3 +- 1,0	8,0
F 500	25	12,8 +- 1,0	5,0
F 600	19	9,3 +- 1,0	3,0
F 800	14	6,5 +- 1,0	2,0
F 1000	10	4,5 +- 0,8	1,0
F 1200	7	3,0 +- 0,5	1 (na 80 %)
F 1500	5	2,0 +- 0,4	0,8 (na 80 %)
F 2000	3,5	1,2 +- 0,3	0,5 (na 80 %)

Zdroj: volný překlad z FEPA standard 42-2: 2006(en), mikrozrna, s. 4.

Pro určení distribuční funkce je použit vzorek, který je po dobu deseti minut vysoušen při teplotě $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Takto získaný vzorek zrna je podroben sedimentaci v přesně definovaných roztocích, které jsou stejné vždy pro několik kategorií zrna. Například pro zrna označená v rozmezí F 1000 až F 2000 se užívá neionizovaná voda nebo pro zrna F 230 a F 240 se užívá roztok ethandiolu a tetrasodia. Pro analýzu samotné sedimentace je podle normy doporučeno používat jeden z těchto přístrojů: Sedigraph 5100, US-Sedimentometr nebo Coulter Multisizer III.¹⁰¹ Výstup z těchto přístrojů pak bude představovat graf, z něhož je možné vyčíst procentuální zastoupení jednotlivých velikostí zrn.

¹⁰¹ FEPA Standard 42-2:2006(en), mikrozrna, s. 5-6.



Obrázek 12: Sedigraf používaný firmou KORUND BENÁTKY, s. r. o.
 Zdroj: Vyfoceno 21. 1. 2011 ve společnosti KORUND BENÁTKY, s. r. o.

2.1 Užití karbidu křemíku

Užití karbidu křemíku je různorodé, ale většinou se používá ve vztahu ke svým jedinečným vlastnostem: tepelné odolnosti, tvrdosti, tepelné a elektrické vodivosti.

Nejčastěji se v běžném životě můžeme setkat s karbidem křemíku použitým na brusných nástrojích a pomůckách. Pro svou tvrdost se dá použít také na tryskání suchou i mokrou technikou nebo pro řezání kamene jako přídavek pil. Avšak na průmyslovém trhu se ve velkém užívá v různých podobách, například jako přídavek pro tavbu kovů a představuje tak náhradu za ferosilicium (FeSi) nebo k výrobě žáruvzdorných desek, cihel, tvárnic či žáro cementů (obecně je možné ho užít do všech materiálů, kde je potřeba vysoká tepelná odolnost). Karbid křemíku se také uplatňuje v keramickém průmyslu

nebo v elektrochemickém průmyslu, zde můžeme jako příklad uvést výrobu izolantů, bleskojistek nebo polovodičů.¹⁰²

V oblasti chemického průmyslu se karbid křemíku používá například jako surovina pro výrobu chloridu křemičitého.¹⁰³

Z méně obvyklých, ale o to zajímavějších produktů z SiC můžeme zmínit například neprůstředné vesty, autotlumiče nebo šperky, i když u šperků se na rozdíl od ostatních příkladů častěji jedná i o karbid křemíku přírodního původu.

¹⁰² KOLTEX COLOR, s. r. o., Brusná zrna černého karbidu křemíku [online].

¹⁰³ KOLOMAZNÍK, M., Studium některých fyzikálních vlastností karbidu křemíku k posouzení jeho kvality, s. 4.

3 KORUND BENÁTKY, s. r. o.

Praktická část této diplomové práce je orientována na společnost KORUND BENÁTKY, s. r. o., která byla založena v roce 2003. Jako nově vzniklá firma odkoupila část výrobních kapacit od společnosti CARBORUNDUM ELECTRITE a.s. Přesněji šlo o tzv. provoz II zabývající se výrobou bílých korundů a karbidu křemíku. Jednalo se o převzetí provozu za plného chodu, tedy vedle hmotného a nehmotného majetku došlo i k převzetí dlouholetých zaměstnanců, technologických postupů, zákazníků a veškerých know-how.¹⁰⁴

3.1 Základní informace o společnosti

Jak již bylo zmíněno v úvodním odstavci této kapitoly, společnost KORUND BENÁTKY, s. r. o. byla založena v roce 2003. Registrované sídlo společnosti se nachází v Mnichově Hradišti v Přemyslově ulici, výrobní a skladovací prostory se rozkládají na rozloze přibližně 10 000 m² zastavěné plochy v Benátkách nad Jizerou, jak je i z názvu firmy patrné. V Benátkách nad Jizerou se vedle výrobních a skladovacích prostor nachází i nezbytné středisko údržby a sekce laboratoří, která denně napomáhá k udržení špičkové kvality výroby.

¹⁰⁴ KORUND BENÁTKY, s. r. o., KORUND BENÁTKY, s. r. o. [online].



Obrázek 13: Jedna z výrobních hal společnosti

Zdroj: Vyfoceno 21. 1. 2011 ve společnosti KORUND BENÁTKY, s. r. o.

V současnosti je ve společnosti zaměstnáno dvacet osob, většina z nich právě ve výrobě a údržbě. Počet zaměstnanců se může zdát poměrně malý vzhledem k již uváděné rozloze výrobních a skladovacích prostor, ale tento stav je zapříčiněn právě vysokou technickou vybaveností provozu a maximální mechanizací výrobních procesů.¹⁰⁵

Společnost se orientuje především na průmyslové trhy, v tomto ohledu úzce spolupracuje se společností KOLTEX COLOR, s. r. o., která mimo jiné společnost v plném rozsahu obchodně zastupuje.¹⁰⁶

3.2 Základní sortiment společnosti

Společnost KORUND BENÁTKY, s. r. o. nabízí celou řadu produktů vlastní výroby. Valná většina z nich může být charakterizována tím, že se jedná buď o brusná zrna, či s nimi přímo souvisí, nebo o produkt, kde jako hlavní výrobní složka slouží právě karbid

¹⁰⁵ KORUND BENÁTKY, s. r. o., Účetní výkazy, interní dokument.

¹⁰⁶ KORUND BENÁTKY, s. r. o., Účetní výkazy, interní dokument.

křemíku. Nejvýznamnější oblasti z řad sortimentu budou stručně popsány v následujících podkapitolách.

3.2.1 Bílý korund

Bílý korund (Al_2O_3) se uměle vyrábí v indukčních pecích tavením oxidu hlinitého při teplotě přesahující 2000 °C. Vzniklá surovina se nahrubo opracovává a třídí, čímž vzniká vstupní surovina pro výrobu brusných zrn bílého korundu. Samotná výroba brusných zrn se pak skládá z mletí, čištění, magnetické separace a sítování podle norem FEPA, které již byly blíže popisovány v předchozí části textu.¹⁰⁷



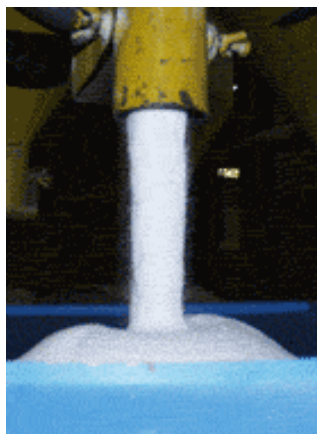
Obrázek 14: Bílý korund

Zdroj: http://www.korund.cz/indexc.php?id=bile_korundy, 7. 3. 2011.

Společnost KORUND BENÁTKY, s. r. o. nabízí ve svém sortimentu zrna odpovídající charakteristice norem FEPA od zrnitosti F 12 do F 220 s garancí minimálního obsahu 99,5 % Al_2O_3 . Zbýlých 0,5 % je zastoupeno dalšími látkami jako SiO_2 (oxid křemičitý), Fe_2O_3 (oxid železitý), CaO (oxid vápenatý), K_2O (oxid draselný), Na_2O (oxid sodný), kterých je naopak garantováno maximální množství.¹⁰⁸

¹⁰⁷ KOLTEX COLOR, s. r. o., Katalog Materiálů, s. 14, firemní katalog.

¹⁰⁸ KOLTEX COLOR, s. r. o., Katalog Materiálů, s. 14, firemní katalog.



Obrázek 15: Výroba bílého korundu

Zdroj: http://www.korund.cz/indexc.php?id=bile_korundy, 7. 3. 2011.

Bílý korund se nejvíce používá pro výrobu brousících nástrojů, žáruvzdorných tvárnic, cihel, cementů, keramických pouzder, katalyzátorů a pēchovacích směsí. Vedle toho lze brusné zrno použít k broušení a lapování materiálů či k výrobě elektroizolačních součástek.¹⁰⁹

3.2.2 Hnědý korund

Výroba umělého hnědého korundu (Al_2O_3) probíhá redukční tavbou bauxitu v indukčních pecích, ale na rozdíl od korundu bílého, se tak děje při nižších teplotách a to přibližně při 1600 °C.¹¹⁰ Následující zpracování je totožné jako v předchozí podkapitole týkající se umělého bílého korund.

V nabídce společnosti najdeme zrna od velikosti F 12 až po F 1200, minimální obsah Al_2O_3 je garantován na 93 % až 95 % dle typu. Dále je garantován minimální obsah oxidu titaničitého a to ve výši 1,8 %, vedle toho je pochopitelně důležité i přísně hlídat obsah ostatních látek jako jsou Fe_2O_3 , CaO nebo magnetické frakce, které nepřesahují povolené limity v rámci desetin procenta.¹¹¹

¹⁰⁹ KORUND BENÁTKY, s. r. o., Bílý umělý korund Al_2O_3 [online].

¹¹⁰ KOLTEX COLOR, s. r. o., Katalog Materiálů, s. 13, firemní katalog.

¹¹¹ KOLTEX COLOR, s. r. o., Katalog Materiálů, s. 13, firemní katalog.



Obrázek 16: Výroba hnědého korundu

Zdroj: http://www.korund.cz/indexc.php?id=hnede_korundy, 7. 3. 2011.

Umělý hnědý korund se používá vesměs na stejné účely jako korund bílý, avšak svou strukturou slouží spíše k opracovávání materiálu o vysoké tvrdosti (např. broušení kovů o větší pevnosti nebo dřeva).¹¹²

3.2.3 Karbid křemíku

Jelikož je karbid křemíku stěžejním prvkem celé práce, o jeho výrobě, zpracování, stejně tak jako užití se již podrobně hovoří v ostatních kapitolách, a proto by bylo zbytečné se zde o dané problematice zmiňovat. Celá subkapitola je zmiňována jen pro celistvý pohled na sortiment společnosti.

3.2.4 Brikety SiC a FeSi

Oba druhy briket obsahují vysoké procento křemíku v různých chemických sloučeninách. Brikety slouží jako příměs v kupolových pecích ve snaze dosáhnout lepších vlastností litiny, jako například desoxidaci a čištění litiny, prodloužení efektu modifikace v litině nebo odstranění chyb lití, tzv. bubliny.¹¹³

¹¹² KORUND BENÁTKY, s. r. o., Hnědý umělý korund Al_2O_3 [online].

¹¹³ KOLTEX COLOR, s. r. o., Katalog Materiálů, s. 6-11, firemní katalog.

Brikety jsou produkovány v několika základních tvarech a velikostech, od sedmicentimetrových šestihranů po jedenácticentimetrové krychle. Stejně jako ostatní sortiment, i brikety mají pevně stanovený minimální a maximální obsah žádoucích a nežádoucích látek. Všechny tyto parametry lze libovolně přizpůsobit přání zákazníka.¹¹⁴



Obrázek 17: Brikety SiC připravené k expedici

Zdroj: Vyfoceno 21. 1. 2011 ve společnosti KORUND BENÁTKY, s. r. o.



Obrázek 18: Brikety SiC po sklizení ze sušárny

Zdroj: Vyfoceno 21. 1. 2011 ve společnosti KORUND BENÁTKY, s. r. o.

¹¹⁴ KORUND BENÁTKY, s. r. o., Brikety SiC, brikety FeSi [online].

3.2.5 Žáruvzdorné a podlahové směsi

Tento produkt vzniká různým mícháním hnědého a bílého korundu s karbidem křemíku. Díky vlastnostem všech tří částí směsi, je výsledný výrobek vysoce tvrdý a odolný vůči všem druhům namáhání a opotřebení. Na Mohsově stupnici tvrdosti by tento produkt odpovídal číslu 9 (nejvíce 10 – diamant). Celková struktura směsi se dá libovolně přizpůsobit přáním zákazníka.¹¹⁵

3.3 Výrobní technologie a procesy

Zpracování karbidu křemíku ve společnosti KORUND BENÁTKY, s. r. o. probíhá na dvou základních principech, na jedné straně jde o výrobu brusných zrn a na straně druhé je karbid křemíku zpracováván do briket. Brikety karbidu křemíku jsou vyráběny ve spolupráci se společností KOLTEX COLOR, s. r. o. Obě tyto nejvýznamnější činnosti společnosti doprovází kontrola kvality ze strany podnikových laboratoří.

Celá kapitola 3.3 Výrobní technologie a procesy je sepsána na základě několika interních dokumentů, které jsou blíže specifikovány v uvedených zdrojích, a za pomoci odborných konzultací s Jaroslavem Havlem a Josefem Kadeřábkem, kteří se výrobou ve společnosti denně zabývají.

3.3.1 Výroba brusných zrn karbidu křemíku

Výroba brusných zrn probíhá v několika etapách. Po vstupní kontrole se surovina nejprve mele a drtí, poté se třídí, čistí a nakonec míchá a balí. Výstupní zrno je před expedicí podrobena laboratorní zkoušce, která udává, zda odpovídá stanoveným normám a požadavkům zákazníka.¹¹⁶

¹¹⁵ KORUND BENÁTKY, s. r. o., Podlahové směsi [online].

¹¹⁶ KAVALÍR, Výroba zrn černého karbidu křemíku, s. 2-8, interní norma.

Jednotlivé dodávky surového karbidu křemíku se skladují odděleně a do samotného procesu výroby jsou zařazeny až po projití vstupní kontrolou, která je zaměřená na zjištění skutečného obsahu SiC a obsahu uhlíku. Nejvíce vstupní suroviny pochází ze zemí východní a severní Evropy. Karbid křemíku je dovážen volně ložený nebo ve velkých pytlích, tzv. big-bag, které jsou přibližně na jednu tunu materiálu.¹¹⁷

Surový karbid křemíku, tzv. kusovina, dosahuje maximální velikosti jednotlivých zrn jednoho centimetru, pochopitelně ve vstupní surovině jsou zastoupena i zrna ostatních rozměrů a to rovným dílem od mikroskopických zrn až po již zmíněná centimetrová zrna. Když surovina projde vstupní prohlídkou kvality, je mechanicky transportována na třídící plošinu, kde dochází k mletí a drcení SiC za pomoci kladívkového drtiče SUKR. Z kladívkového drtiče většinou vystupuje zrno ve velikosti do tří milimetrů.¹¹⁸ Část drtící linky je zobrazena na následujícím obrázku 19.



Obrázek 19: Část drtící linky na SiC

Zdroj: Vyfoceno 21. 1. 2011 ve společnosti KORUND BENÁTKY, s. r. o.

¹¹⁷ KAVALÍR, Výroba zrn černého karbidu křemíku, s. 3, interní norma.

¹¹⁸ KAVALÍR, Výroba zrn černého karbidu křemíku, s. 4, interní norma.

Rozdrcené zrno je čištěno od železitých frakcí za pomoci magnetických separátorů. Díky tomuto procesu dochází k odstranění drtivé většiny zrn, která obsahují železo, ať už v jakékoli formě. Množství takto oddělené směsi se pohybuje okolo 2 %. Prvky železa se do karbidu křemíku nejčastěji dostávají během zpracování v důsledku opotřebení kladívek drtiče apod.

Další součástí výrobního provozu je tzv. tvarovací linka, která běžně slouží pro přípravu zrna na samotné třídění. V současné době je však odpojena, jelikož její užití nebylo dostatečně rentabilní. Pro ucelený pohled na problematiku zpracování surového SiC na zrno je i tak její popis uveden. Minimálně z důvodů, že dlouhodobě využívána byla a teoreticky v budoucnu opět bude.

Při vstupu na tvarovací linku je karbid křemíku prosítován přes síto s velikostí ok 2,36 mm. Propad pokračuje na tzv. tvarovací mlýn, který nese označené Cannary. Zrno, které zůstalo na vstupním sítu (tedy větší jak 2,36 mm) se vrací zpět na drtič SUKR. Tvarovací mlýn pracuje při 700 otáčkách za minutu. Směs zrn se na něj nechává volně dopadávat. Mlýn je opatřen malými kladívky, která při otáčení rotoru mlýna opracovávají jednotlivá zrna SiC o strany vyložení mlýna. Během tohoto procesu ztrácejí zrna SiC ostré hrany a mj. také dochází k rozpadu tzv. slepenců karbidu křemíku s vrostlými minerály, jinými slovy, opět dochází k vzniku menších zrn. Kladívka ve tvarovacím mlýnu mají životnost přibližně na dvacet pět tun materiálu. Pouštěním tvarovacího mlýnu střídavě na obě strany dochází k prodloužení životnosti na dvojnásobek. Na tvarovací lince se ještě užívá vibrační mlýn VM 500, který se slouží při výrobě zrn v rozmezí 0,1 – 0,5 mm. Výstup z tvarovací linky se skladuje ve speciálním síle, kde zrno čeká na další zpracování.

119

Ze síla se zrno již dostává na samotnou třídící linku. Svou podstatou je třídící linka vlastně soustava několika sít, která jsou uložena nad sebou a zrno jimi postupně propadává. Tato síta jsou zpravidla uložena po třech nebo čtyřech v tzv. Allgaierch (Obrázek 20). Jedná se o stroj válcovitého tvaru, ve kterém, jak již bylo zmíněno, jsou nad sebou uložena síta, která jsou uzpůsobena ke kymácivému pohybu za pomoci řemenic. Celá linka je složena

¹¹⁹ KAVALÍR, Výroba zrn černého karbidu křemíku, s. 4, interní norma.

z devíti těchto Allgaierů, kterými zrno volně propadává, a na jednotlivých sítích je sbíráno a přemísťováno buď do sil na jednotlivé zrnitosti dle norem FEPA, nebo se jen nasměřuje do jiného Allgaieru, kde se zrno dále třídí. Pochopitelně z každého síta je možné odebírat vzorky pro analýzu produktu.



Obrázek 20: Allgaier na třídění brusných zrn

Zdroj: Vyfoceno 21. 1. 2011 ve společnosti KORUND BENÁTKY, s. r. o.

Část třídící linky je zobrazena na obrázku 21, jak je patrné, jedná se o velkou soustavu strojů a trubek sloužících k přesunu zrna. Na fotografii je také vidět několik třídících sít, která nejsou momentálně používána, v průměru dosahují přibližně dvou metrů. Celá třídící linka je pak vyšší 15 metrů.



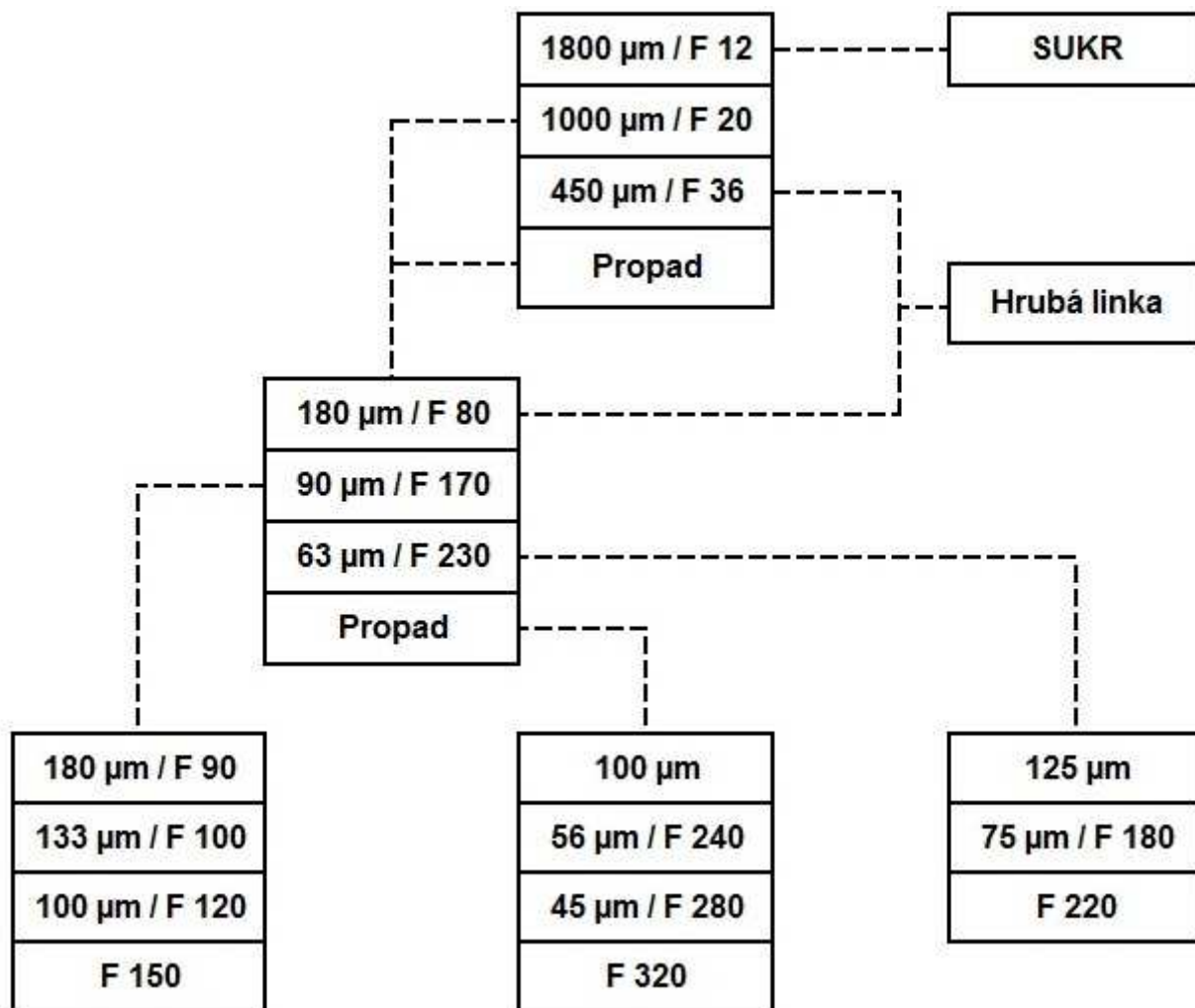
Obrázek 21: Pohled na hrubou část třídící linky

Zdroj: Vyfoceno 21. 1. 2011 ve společnosti KORUND BENÁTKY, s. r. o.

Z centrálního sila všechno zrno nejprve putuje do prvního Allgaieru, tzv. rozhazovače, v nejvyšším podlaží, kde je rozděleno na čtyři základní frakce o různých zrnitostech. Na každém ze tří sít v Allgaieru se zachycují zrna jednotlivých frakcí, čtvrtá frakce pak vzniká jako propad pod síty. První frakce, která nepropadla ani prvním sítem s oky 1,8 mm, se vrací k opětovnému drcení. Zrna zachycená na druhém sítu a frakce vzniklá propadem přes třetí síto putuje do dalšího Allgaieru, který rozděluje zrna pro jemnou část třídící linky. Tato zrna odpovídají velikosti 1 mm – 1,8 mm a 0 – 0,45 mm. Zbylá frakce zachycená na třetím sítu je přesunuta na hrubou část třídící linky.

Jemná část linky se skládá ze čtyř Allgaierů, tři z nich obsahují tři síta a jeden pouze dvě. První z nich byl již zmiňován v předchozím odstavci. Rozděluje zrno také do čtyř frakcí, kde se první zachycuje na sítu s velikostí ok 180 μm a je přesunuto také na hrubou část linky. Druhá frakce s 90 μm – 180 μm , třetí s 63 μm – 90 μm a čtvrtá s velikostí zrna menší než 63 μm (propad) se každá zvlášť směřuje do dalších tří Allgaierů. Zde jsou frakce dále děleny na další části s menším rozmezím velikostí zrn. Celý systém putování zrna na jemné třídící lince s prvním „rozhazovačem“ je zachycen na následujícím schématu

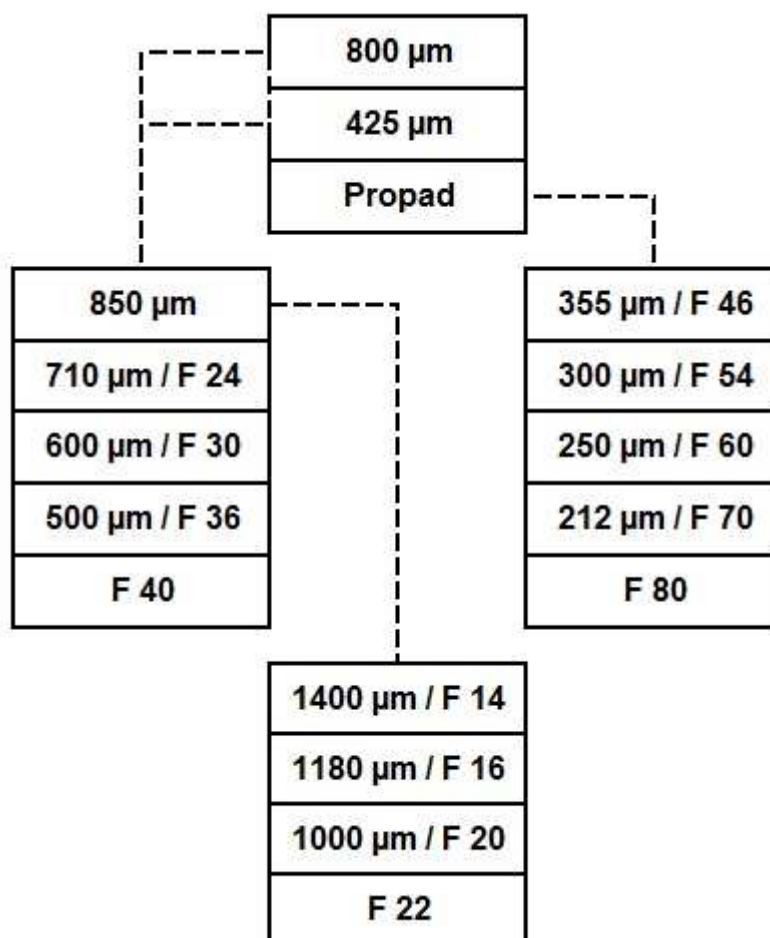
(Obrázek 22), na kterém je také vidět, že většina frakcí zachycená kdekoli v celém soustrojí by měla odpovídat jednomu typu zrna dle norem FEPA.



Obrázek 22: Schéma jemné linky s „rozhazovačem“

Zdroj: Havel, J., nepublikováno.

Hrubá část třídící linky obsahuje čtyři Allgaieru, první obsahuje jen dvě síta a rozděljuje zrno, které přichází z „rozhazovače“ a jemné linky na tři základní části, které mají zrna větší jak 800 µm, 425 µm – 800 µm a zrna menší než 425 µm. První dvě frakce se spojují a putují do Allgaieru se čtyřmi síty s velikostí ok 850 µm, 710 µm, 600 µm a 500 µm. Vše, co uvízne na prvním sítě, je přesunuto do dalšího Allgaieru, kde je zrno obdobně rozděleno na čtyři frakce o různých zrnitostech. Stejně tak prvotně odloučené zrno menší než 425 µm je rozsítované na pět částí v dalším Allgaieru. Jako tomu bylo na jemné části linky, tak i zde je každou jednotlivou oddělenou frakci možno popsat dle norem FEPA.



Obrázek 23: Schéma hrubé linky

Zdroj: Havel, J., nepublikováno.

V předchozích odstavcích byly popsány pouze stroje spojené se samotným tříděním. Vedle toho pochopitelně třídící linka obsahuje i celou řadu jiných součástí. Například mezi každým jednotlivým výstupem z jednoho Allgaieru a vstupem do druhého je umístěno zásobovací silo tak, aby nemohlo dojít k nedostatku materiálu pro jednotlivé součásti soustrojí. Nezbytnou součástí třídící linky jsou také lopatkové dopravníky, které v případě nutnosti přesouvají prosítované zrno o podlaží výš do jiného stroje.

Při výstupu brusných zrn z třídící linky do jednotlivých zásobníků na výrobky je možné opět provést magnetickou separaci, ta se provádí nepravidelně, podle plánovaného určení vyrobeného zrna.

V jedné z posledních fází se vyrobené zrno analyzuje podle postupů blíže specifikovaných v kapitole 3.3.3 Postupy jakostních měření. Zrno, které projde jakostní přejímkou, je mícháno dle přání zákazníka a následně baleno, případně i bez míchání, do pytlů po 25 kg.

Během celého procesu třídění vznikají ještě dvě samostatné kategorie zrn, tzv. 100/P a 14/P. Označení 100/P popisuje brusné zrno, které svou charakteristikou neodpovídá žádnému zrnu dle norem FEPA. Průběhem času se díky různorodým opatřením podařilo omezit jeho produkci na minimum. Jako 14/P se pak označuje zrno, které je od zbytku odloučeno při magnetické separaci, obsahuje tedy železité frakce. Jak již bylo uvedeno, jeho produkce se pohybuje okolo 2 %. Ani u jednoho z těchto zrn se nejedná přímo o odpadový materiál, ale jejich ekonomický potenciál je oproti zbytku výrazně nižší.¹²⁰

3.3.2 Výroba briket

Stejně jako výroba brusných zrn, i výroba briket je cyklus různorodých činností počínaje dovozem a koupí materiálu, přes míchání, lisování, sušení a přezkoumáním vyrobených briket po stránce kvality konče.

Společnost vyrábí dva základní typy briket, brikety FeSi a brikety SiC. Jednotlivé postupy výroby se od sebe zásadně neliší, vesměs se jedná jen o rozdíly ve vstupních materiálech. I přesto se další část textu bude zabývat pouze výrobou briket SiC, jelikož právě karbid křemíku neboli SiC je hlavním obsahem celé práce.

Brikety SiC (dále jen brikety) se vyrábějí především z odpadových materiálů. Ve většině případů se jedná o zbytky brusných kotoučů, žáruvzdorných desek, odpadu vznikajícího při jejich výrobě nebo materiálu z výroby filtrů pro automobilové katalyzátory. Vedle těchto surovin se také používá například odpadové zrno vzniklé při broušení solárních kolektorů, odpady z výroby mikrozrn nebo zrna označovaná jako 100/P a 14/P zmiňovaná jako nežádoucí produkt v předchozí kapitole. Ve skutečnosti lze použít téměř každý materiál, který obsahuje SiC. Karbid křemíku v čisté formě (nerecyklovaný) se používá jen

¹²⁰ KAVALÍR, Výroba zrn černého karbidu křemíku, s. 5-7, interní norma.

zřídka a to při nedostatku ostatních možných surovin nebo ve snaze dosáhnout lepší kvality směsi, je-li to nezbytné.

Užitím odpadových materiálů jednoznačně dochází k ekonomické úspoře, na druhou stranu každý druh recyklované suroviny má jinou konzistenci a charakter, takže podléhá jiným možnostem zpracování. Jednotlivé recykláty se pochopitelně liší i procentuálním obsahem SiC. Z těchto důvodů dochází při každé přejímce materiálu na sklad k analýze ve snaze co nejpresněji určit procentuální zastoupení karbidu křemíku a možnosti využití daného druhu materiálu.

Ač se každý druh materiálu pro výrobu zpracovává nepatrně jinak, základní operace jsou u všech shodné. Jako první probíhá již zmíněná kvalitativní přejímka, která se skládá z kontroly vizuální a kontroly chemického složení. Vizuální kontrola probíhá na základě dlouholetých zkušeností a znalostí pracovníků. Analýza chemického složení probíhá podle přesně definovaných postupů v laboratořích společnosti. Postupy měření budou podrobněji popsány v samostatné kapitole (3.3.3 Postupy jakostních měření). Na základě těchto dvou zjištění je materiál kategoricky zařazen a je rozhodnuto o jeho dalším určení.

Po důkladném měření jsou suroviny vysušeny. Proces vysoušení není nijak sofistikovaný. Materiál se suší při běžných teplotách prostým rozhrnutím po skladovacích halách. V případě potřeby je stále vlhký materiál opětovně obracen a znovu rozhrnován na větší plochu.

Vysušený materiál se přesouvá k dalšímu zpracování na drtící linku. Procesy spojené s drcením suroviny jsou pro další výrobu zásadní. Jelikož dodávaný materiál k recyklaci nemá vždy stejné parametry, je potřeba ho zpracovat do jednotné formy. Většina nakoupené suroviny je dodávána volně ložená na nákladních automobilech nebo v pytlích typu big-bag. Velikost jednotlivých kusů suroviny dosahuje 20 cm, ale výjimkou nebývají ani dodávky, kde je odpadové SiC ve formě více či méně pevného celku o velikosti přes 1 m³. Avšak tyto velké kusy podléhají rozdílu ve zpracování a to především v tom, že ještě před vysoušením jsou manuálně rozbity na menší kusy.

První fáze drcení probíhá na čelistovém drtiči, do kterého vstupuje materiál o maximální velikosti 30 cm. Při propadu čelistmi jsou velké kusy rozdraceny na menší tak, že zpracovaný recyklát již neobsahuje prvky větší než 15 mm. Směs o zmíněné zrnitosti 0 – 15 mm je na automatickém dopravníku přemísťována do dalšího drtiče, tentokrát se však jedná o válcový stroj s hladkými válci. Zde je surovina podrobena dalšímu drcení ve snaze dosáhnout maximální velikosti zrn do 5 mm. Propad válcového drtiče je protříděn za pomoci síta s velikostí ok odpovídající maximální požadované velikosti 5 mm. Veškeré kusy o větších rozměrech jsou manuálně vráceny do čelistového drtiče, materiál z pod síta je za pomoci elevátorů naskladněn do úložných sil. Oba typy drtičů pocházejí z produkce Přerovských strojírů a jejich užití podléhá přísným bezpečnostním normám, stanovených jak výrobcem, tak i společností KORUND BENÁTKY, s. r. o.

Vedle surovin s obsahem karbidu křemíku se k výrobě briket používají další suroviny, ale již ne ve významném množství. Směs pro výrobu je míchána zcela automaticky. K přípravě směsi dochází souběžně s výrobou. Složení směsi se v nepravidelných intervalech mění. Změny jsou zapříčiněny nedostatečným množstvím jednotlivých typů recyklovaných látek s různým obsahem karbidu křemíku. Jako základní pojivo jinak sypkého materiálu je použit portlandský cement, toho se do jednotlivých výrobních dávek přidává přibližně 10 %. Dle potřeby se přidává i malé množství vody a případně jiných látek s pojivým charakterem.



Obrázek 24: Brikety opouštějící lis

Zdroj: Vyfoceno 21. 1. 2011 ve společnosti KORUND BENÁTKY, s. r. o.

Po namíchání směs postupuje do vibračního lisu, kde jsou brikety vylišovány silou deseti atmosfér do připravené formy. Proces lisování probíhá v nepřetržitém cyklu (Obrázek 24), přičemž každých 20 sekund dojde k vylišování čtyřicet briket na podložku ve formě dřevěné desky. Brikety na těchto deskách se uspořádávají do několika pater nad sebe do speciálního dopravníku. Po naplnění tohoto dopravníku jsou brikety odvezeny do sušárny. Zde jsou brikety sušeny 48 hodin. Vysoušení se uskutečňuje pomocí tepelných zářičů Sahara. Teplo vzniká také díky termochemické reakci, která probíhá v briketách. Po vysušení dopravník desky s briketami opět naloží a přemístí je na sběrnou linku, kde jsou hydraulickými čelistmi přemístěny do násypky, odkud jsou transportovány dále. Veškeré procesy spojené s lisováním a sušením jsou plně automatizovány a v jejich průběhu jsou pouze monitorovány odpovědným pracovníkem. Výroba probíhá třikrát do týdne, většího objemu produkce nelze dosáhnout jednak kvůli nedostatečné kapacitě sušárny a také kvůli nedostatečnému množství surovin. I tak se dosahuje měsíční produkce 2 000 tun briket.

Během výroby tedy z lisovny nepřetržitě vyjíždějí brikety na dopravníku. Z tohoto dopravníku jsou odebírány nakladačem Caterpillar a umísťovány na prosté haldy (Obrázek 18 na straně 56). Z těchto hromad jsou odebírány pravidelné vzorky pro místní laboratoř. V laboratořích je měřena tvrdost briket a obsah SiC, SiO₂, C a Si. Jednotlivé naměřené hodnoty musí odpovídat deklarovaným obsahům, které jsou specifikované dle přání zákazníka. Po projití kontrolou mohou být brikety již naloženy a dopraveny k zákazníkovi.

3.3.3 Postupy jakostních měření

Ve společnosti KORUND BENÁTKY, s. r. o. provádí měření specializovaná laboratoř, která je součástí firmy. Ověřují se dvě základní kategorie vlastností. V první kategorii se jedná o analýzu chemického složení. Analýza chemického složení se provádí u pořízeného materiálu jak pro výrobu briket, tak pro výrobu brusného zrna karbidu křemíku. Při výrobě briket se také ověřuje výsledný produkt. Druhá kategorie měření se týká fyzikálních vlastností. U zrna karbidu křemíku se provádí síťová analýza, litrová analýza, vedle toho se také provádí měření na zjištění obsahu magnetických a kovových frakcí. Na briketách se zjišťuje také jejich tvrdost a pevnost.

Jednotlivá měření se provádějí na základě vnitropodnikové normy a jejich výsledky jsou pečlivě evidovány a poté adresovány odpovědnému pracovníkovi za výrobu, který podle nich rozhoduje o přijetí a určení suroviny pro výrobu či o uznání výrobku odpovídajícímu pro budoucí prodej. V případě nesplnění nutných kritérií (specifické pro jednotlivé výrobky, většinou dle přání zákazníka) jsou výrobky nově zpracovány ve formě dalšího materiálu pro výrobu briket.

Postupy měření dle podnikové normy budou blíže popsány v následujících podkapitolách.

Chemická analýza

Při chemické analýze firemní laboratoř zjišťuje obsah karbidu křemíku, uhlíku, oxidu křemičitého a volného křemíku. Obsah karbidu křemíku se měří vždy (u výrobků i materiálů), obsah uhlíku u briket a vyrobeného zrna, obsah volného křemíku a oxidu křemičitého se měří jen při analýze vyrobených briket. Vstupní materiál je analyzován na náhodně vybraném vzorku, stejně tak jako brikety. Vzorek brusných zrn je odebírán složitější metodou. Pro získání vzorku se používá speciální, tzv. odběrová tyč, která zaručuje, že v odebraném vzorku budou zastoupena zrna z celého průřezu zásobníku.

I přestože odebírání vzorků je různé, tak jejich zpracování je shodné. Odebraný vzorek se musí řádně označit a zaevidovat. V dalším kroku je vysušen při teplotě 110 °C. Následně je vzorek rozemlet. Mletí probíhá po dobu šesti minut na malém mlýnku k tomu určeném, pochopitelně při testování briket je potřeba briketu nejprve manuálně rozbít na menší části, například úderem kladiva. Rozemletý vzorek je již připraven k chemické analýze.¹²¹

Pro zjištění skutečného obsahu SiC se vzorek dvě a půl hodiny žíhá v předtopené peci na 900 °C. Tato pec je vidět na obrázku číslo 9 na straně 38, kde je zmiňována v souvislosti s normou FEPA. Po žíhání je vzorek vychlazen v exikátoru a jeho část, přesněji jeden gram, je umístěna do platinové misky, která musí být také předžíhnutá. Do platinové misky se přidá 20 ml kyseliny fluorovodíkové a 1 ml kyseliny sírové. Roztok se pak ohřívá tři až čtyři hodiny až do doby, kdy se začne vylučovat bílý dým. Během celého času se však vzorek nesmí vařit. Roztok se nechá vychladnout, vypláchnutím destilovanou vodou se přelije do kádinky, kde je smíchán s 30 ml kyseliny chlorovodíkové. V další fázi se kádinka mírně vaří 10 minut. Tento modifikovaný roztok tří kyselin a původního vzorku se umístí do fritovacího kelímku a dvě a půl hodiny se vysouší opět při teplotě 110 °C. Po dvou a půl hodinách je zvážěn a následně převažován každou další půl hodinu až do doby, kdy se dosáhne konstantní hmotnosti. Tato váha, po odečtení nádoby, představuje množství karbidu křemíku a uhlíku v 1 g vzorku. Obsah SiC se vypočte prostým odečtením obsahu naměřeného uhlíku, viz další odstavec.¹²²

¹²¹ BRUNCLÍKOVÁ, J., Technologický postup měření SiC, s. 3, interní norma.

¹²² BRUNCLÍKOVÁ, J., Technologický postup měření SiC, s. 3, interní norma.

Obsah uhlíku se měří obdobným způsobem, jako se zjišťuje obsah SiC. Zastoupení uhlíku se určuje na základě rozdílu hmotnosti zkoumaného vzorku před žíháním a po něm. Žíhání probíhá stejnou dobu a při stejné teplotě jako u SiC. Po zvážení je vzorek dále použit na analýzu SiO₂.¹²³

Vzorek vzniklý z měření uhlíku je zalit 20 ml kyseliny fluorovodíkové a je odkouřen do sucha. Poté je, ještě stále horký, pět minut vysoušen v předehřáté peci na teplotu 900 °C. Procentuální změna váhy po těchto chemických procesech odpovídá procentuálnímu zastoupení oxidu křemičitého v 1 g prvotně zkoumaného vzorku.¹²⁴

Při zjišťování obsahu volného křemíku se 1 g výsušného vzorku zalívá 10% roztokem hydroxidu sodného. Plná baňka s tímto roztokem je připojena na plynovou biretu s kyselinou sírovou a destilovanou vodou a je za pomoci vedlejší aparatury zbavena minima přebytečného vzduchu. Poté je umístěna do vodní lázně, kde je ohřívána po dobu jedné hodiny. Nakonec je změřen obsah uvolněného vodíku a podle tabulek dopočten obsah volného křemíku.¹²⁵

Fyzikální vlastnosti brusných zrn

Jak již bylo zmíněno v úvodu kapitoly popisující postupy měření (3.3.3) u brusných zrn se zjišťují čtyři základní vlastnosti. Jedná se o analýzu velikosti částic, tzv. síťovou analýzu, také se měří hmotnost jednoho litru zkoumaného brusného zrna karbidu křemíku. U zrna se dále přeměřuje obsah kovových a magnetických frakcí. Pro odebrání vzorku slouží stejná pravidla, jaká byla uvedena u chemické analýzy.¹²⁶

Síťová analýza se provádí na 100 g vzorku. Vzorek se umístí do připraveného přístroje RO–TAB® (Obrázek 11 na straně 44), který je osazen pěti testovými síty s velikostí ok odpovídajících normě FEPA pro dané označení zrna (Tabulka 4 na straně 45). Přístroj RO–TAB®, tzv. třepačka, se nechá běžet sedm minut. Po sedmi minutách probíhá měření,

¹²³ BRUNCLÍKOVÁ, J., Technologický postup měření SiC, s. 4, interní norma.

¹²⁴ BRUNCLÍKOVÁ, J., Technologický postup měření SiC, s. 4, interní norma.

¹²⁵ BRUNCLÍKOVÁ, J., Technologický postup měření SiC, s. 4, interní norma.

¹²⁶ BRUNCLÍKOVÁ, J., Technologický postup měření SiC, s. 3, interní norma.

při kterém se zváží množství vzorku uvízlého na jednotlivých sítích. Naměřené hodnoty musí odpovídat již zmíněné tabulce.¹²⁷

Litrová analýza probíhá na základě přesypání 500 g vzorku z násypky na to určené do nádoby o obsahu 0,2 dm³, která je zarovnána po okraj. Obsah kelímku je následně vážen, vynásoben pěti a výsledek odpovídá litrové váze v g/dm³. Tento specifický údaj dokáže charakterizovat kvalitu zrna a je vyžadován zákazníky.¹²⁸

Při stanovení magnetických frakcí se užívá 100 g vzorku brusného zrna, v kterém je přibližně šest minut pohybováno magnetem. Množství přichycených částic se poté váží. Počet kovových frakcí se analyzuje ze vzorku magnetických frakcí. Ve výšce asi jednoho centimetru se krouží magnetem nad vzorkem, přičemž by mělo dojít k zachycení kovových částí, které se pak zváží. Analýza obou těchto frakcí je různě důležitá pro budoucí zpracování zrna, například do keramického průmyslu je jejich potřeba minimum, ale u abrasivních účelů zrna je jejich obsah úplně bezvýznamný.¹²⁹

Fyzikální vlastnosti briket

Souběžně s chemickou analýzou briket probíhá i testování jejich fyzikálních vlastností, kdy se bere v úvahu především pevnost. Náhodně vybraná briketa je podrobena tzv. pádovému testu, kdy je puštěna volným pádem z výšky tří metrů. Tento pád musí briketa přestát bez větších poškození. Během druhého testu je jiná náhodně vybraná briketa umístěna do hydraulického lisu. V hydraulickém lisu musí briketa vydržet tlak 10 MPa. Až po úspěšném absolvování těchto testů mohou být brikety předány k expedici.

3.3.4 Ostatní technologie výroby používané ve společnosti

Vedle technologií zaměřených na práci s karbidem křemíku je samozřejmě ve společnosti užíváno i jiných technologií. Za zmínku stojí především výroba bílých a hnědých korundů,

¹²⁷ BRUNCLÍKOVÁ, J., Technologický postup měření SiC, s. 5, interní norma.

¹²⁸ BRUNCLÍKOVÁ, J., Technologický postup měření SiC, s. 5, interní norma.

¹²⁹ BRUNCLÍKOVÁ, J., Technologický postup měření SiC, s. 5, interní norma.

kde je sice použito obdobných procesů, ale především zpracování korundu bílého je prováděno na nesrovnatelně větší a tedy i složitější lince, avšak bližší popis těchto technologií by až příliš odbočoval od předmětu celé práce.

3.4 Analýza slabých míst

Stejně jako tomu bylo u subkapitoly 3.3 Výrobní technologie a procesy, i tato subkapitola bude dělena obdobným způsobem. Postupně budou charakterizována identifikovaná slabá místa vycházející z částí textu označených jako 3.3.1, 3.3.2 , Výroba brusných zrn karbidu křemíku a Výroba briket.

3.4.1 Slabá místa ve výrobě brusných zrn

Z popsanych procesů v subkapitole 3.3.1 Výroba brusných zrn karbidu křemíku je možné analyzovat několik slabých míst. Především se jedná o produkci zrn nesoucích označení 100/P a 14/P. Další slabé místo může být charakterizováno na základě zastoupení jednotlivých typů zrn dle norem FEPA při výstupu.

Zatímco produkce zrna značeného jako 100/P, tedy zrna, které svou strukturou nelze zařadit dle norem FEPA, byla již téměř odstraněna, produkce zrna obsahující magnetické frakce (14/P) představuje okolo 2 % celkové produkce. Za předpokladu rovného zastoupení zrn všech velikostí, vycházejícího z odborného odhadu dlouholetého pracovníka na základě zkušeností a občasných měření, můžeme toto zrno ohodnotit průměrnou prodejní cenou ostatních zrn.

Druhé slabé místo je možné analyzovat na základě struktury výroby, ta je utlumována, aby nedocházelo k naskladňování neprodejných přebytků jednotlivých zrn. Na úkor toho je velké množství zrn dokupováno, aby byla zcela pokryta poptávka. Nakoupená zrna jsou pochopitelně dražší než ta vyrobená a v důsledku toho dochází k ekonomickým ztrátám.

Poptávka po jednotlivých zrnech není stejná a od toho se odvíjí i ceny těchto zrn.¹³⁰ Obecně lze říci, že čím jemnější zrno, tím je jeho cena vyšší. Na druhou stranu, po nejjemnějších zrnech není zase taková poptávka a jejich produkce je náročnější, obzvláště v kategorii mikrozrn. Z celkové produkce nelze žádnou kategorii dle norem FEPA vyloučit, ale na základě míchání či důkladnějšího sítování, resp. jiného nastavení sít, lze dosáhnout většího výtěžku jednoho druhu zrna na úkor jiného druhu, které je hůře prodejné nebo levnější.

3.4.2 Slabá místa v procesech spojených s výrobou briket

V procesech spojených s výrobou briket se společnost setkává především s dvěma problémy. Jedná se o praskání briket, resp. o jejich nedostatečnou pevnost. Tento problém se projeví až po jejich výrobě a je zapříčiněn přílišným množstvím prašných materiálů v lisované směsi, tím dochází ke špatné celkové pojivosti. Druhý problém je obdobného charakteru, ale probíhá v opačném smyslu. V důsledku naopak velkého množství materiálů obsahující přírodní lepidla jako příměsi, nejčastěji se jedná o filtry (automobilové katalyzátory), dochází k lepivosti směsi ještě před procesem lisování, což má za následek buď ucpaní násypek na materiál nebo problémy při lisování, kde dochází k tzv. trhání vršku briket. Při trhání vršků briket vlastně dochází k tomu, že po vylišování se vrchní část brikety přilepí k lisu a při jeho zpětném pohybu je briketa roztržena. Oba tyto problémy vycházejí z konceptu, na kterém je výroba založena, jedná se o užívání odpadových materiálů.

V kontextu s těmito problémy dochází k rozkolu pohledu vrcholového managementu a řízení výroby. Výroba by nejraději co možná nejvíce omezila užívání těchto materiálů z důvodů usnadnění a plynulosti výroby. Vrcholový management naopak požaduje maximální zapojení prašných materiálů a filtrů z katalyzátorů, jelikož tyto dva typy suroviny jsou ve výsledném produktu nejlevnější a nejlépe sehnatelným komponentem.

¹³⁰ KORUND BENÁTKY, s. r. o., Účetní výkazy za rok 2010, interní dokument.

4 Návrhy opatření a jejich ekonomické dopady

V kontextu s vybranými částmi třetí kapitoly popisující slabá místa bude v následujícím textu uvedeno několik možných opatření, která si budou klást za cíl zlepšení kvality vyráběných produktů, popřípadě užívaných procesů, s nezbytnou analýzou jejich ekonomických aspektů. Kde to bude možné, budou ekonomické dopady popisovány ve dvou základních rovinách. Jednak po stránce úspor, vzniklých případnou realizací daného opatření, ale také po stránce patřičných nákladů na jejich případnou implementaci.

Stejně jako tomu bylo u podkapitoly 3.3, i v kapitole 4 je pracováno s velkým množstvím informací získaných z konzultací s J. Havlem a J. Kadeřábkem.

4.1 Změna struktury produkce brusného zrna karbidu křemíku

Jak bylo podrobněji uvedeno v předešlých kapitolách, produkce brusných zrn karbidu křemíku je založena na rozdělení rozdrcené a vyčištěné vstupní suroviny na jednotlivé frakce. Pro toto rozdělování do jednotlivých frakcí je užíváno síť s různými velikostmi ok. Tím by tedy mělo být teoreticky dosaženo, že na daném síťu se zachytí pouze zrna větší, než je velikost jeho ok a zároveň menší, než velikost ok na síťu umístěném nad ním.

V praktickém fungování třídící linky se tak zcela neděje. Důvodů je několik, menší zrna mohou uvíznout na těch větších a tím pádem nepropadnout. Zrna také nemají pravidelný tvar, takže správně orientované zrníčko může propadnout i síťem s menšími oky než je velikost jeho nejdelší strany. Podobný důsledek by měla i nedostatečná doba síťování nebo přílišné množství suroviny na síťu. Zatímco první dva případy odstranit nelze nebo jen velice složitě, další dva případy jsou v důsledku dlouholetých pozorování omezeny na minimum. Ani samotná norma FEPA popisující třídění zrn nepředpokládá pro jednotlivé kategorie jen přesně omezenou velikost zrn, ale také definuje množství zrn větších, resp. menších, přípustné pro danou kategorii (Tabulka 4 na straně 45).¹³¹

¹³¹ FEPA Standard 42-1:2006(en), makrozrna, s. 6.

Tyto tolerance se ale také dají využít k posunutí produkce k jiné zrnitosti, která je kategoricky blízká. Například zrno kategorie F 46 se dá produkovat se zrnitostí odpovídající rozmezí 355 μm až 425 μm dosahujícího 100% zastoupení. Stejně tak lze zrno kategorie F 46 vyrábět s 30% zastoupením zrn o velikosti 425 μm až 600 μm , 40 % odpovídajících intervalu od 425 μm do 355 μm a 25 % o zrnitosti od 300 μm do 355 μm . Zbýlých 5 % je libovolně rozloženo mezi druhou a třetí část, případně zrna ještě menší.¹³² Ač by obě tyto směsi zrn odpovídaly kategorii dle norem FEPA, rozdíl je jasně patrný. V druhé zmiňované směsi je vlastně 30% zastoupení zrn o velikosti, které odpovídají hlavní části zrn označovaných jako F 40 a F 36. Stejně tak 25% část o zrnitostech 300 μm 355 μm lze použít jako hlavní část v zrně F 54. Pro ilustraci může sloužit níže uvedená část tabulky 4 ze strany 45 zabývající se danou problematikou.

Tabulka 6: Ukázka tolerancí rozdělení zrna dle normy FEPA

	μm	%	μm	max. %	μm	min. %	μm	min. %
F 30	1000	0	710	25	600	45	500	65
F 36	850		600		500		425	
F 40	710		500	30	425	40	355	
F 46	600		425		355		300	
F 54	500	0	355	30	300	40	250	65
F 60	425		300		250		212	

Zdroj dat: FEPA Standard 42-1:2006(en), makrozrna, s. 6.

Jak je z tabulky a zmiňovaného příkladu patrné, lze omezením produkce jednoho zrna dosáhnout větší produkce zrna blízké kategorie nebo lze zrna různě míchat a tím získat více jednoho zrna na úkor jiných. Pochopitelně vzhledem k technologickým možnostem a i možnostem měření nelze produkovat zrno s přesně garantovaným obsahem jednotlivých částí o různých zrnitostech, ale určitou tolerancí to možné je.

4.1.1 Analýza dat

Pro navržení možných opatření je nezbytné provést analýzu potřebných dat. Veškerá data se vztahují k roku 2010, tedy poslednímu uzavřenému účetnímu období, a byla získána

¹³² FEPA Standard 42-1:2006(en), makrozrna, s. 6.

jednak z laboratoří společnosti a také z účetních výkazů, případně interních záznamů společnosti.

Zastoupení zrnitostí v kategoriích dle normy FEPA

Pro tuto analýzu bylo použito přes 800 měření jednotlivých vyrobených zrn karbidu křemíku z roku 2010. Všechna měření proběhla na vzorku o váze 100 g, proto je možné jednotlivá měření kategoricky zařadit, každé se stejnou váhou. Kategorie jsou rozděleny na základě normy FEPA k tomu určené, což odpovídá produkci společnosti. Jednotlivé četnosti zastoupení jsou uvedeny v gramech, což však při již zmiňovaném vzorku 100 g odpovídá i procentuálnímu zastoupení. Zkoumaná data jsou shrnuta v následující tabulce (Tabulka 7), kde poslední údaj v řádku vždy znamená propad.¹³³

Tabulka 7: Zastoupení zrnitostí v kategoriích FEPA

FEPA	2,8	2,36	2	1,7	1,4	1,18	1	0,85	0,71	0,6	0,5	0,425	0,355
14		0,00		1,58	57,67	35,23	5,16	0,34					
16			0,00		10,10	64,25	24,06	1,22	0,22				
20				0,00		12,42	56,52	29,24	1,56	0,24			
22					0,00		9,66	59,13	28,65	2,30	0,24		
24						0,00		11,00	55,39	30,59	2,31	0,21	
30							0,00		13,78	60,71	24,32	0,95	0,22
FEPA	0,85	0,71	0,6	0,5	0,425	0,355	0,3	0,25	0,212	0,18	0,15	0,125	0,106
36	0,00		11,98	55,81	29,21	2,64	0,32						
40		0,00		6,14	44,73	37,72	10,21	1,15					
46			0,00		10,86	50,96	36,20	1,93	0,23				
54				0,00		3,96	65,51	28,84	1,47	0,20			
60					0,00		8,92	59,47	27,02	4,25	0,32		
70						0,00		14,93	53,53	28,70	2,60	0,21	
80							0,00		11,52	58,20	24,31	4,18	1,77
FEPA	0,25	0,212	0,18	0,15	0,125	0,106	0,09	0,075	0,063	0,053	0,045		
90	0,00		11,80	48,48	21,97	16,05	1,65						
100		0,00		5,96	52,88	39,00		1,85	0,30				
120			0,00		10,45	61,36	23,56		4,31	0,29			
150				0,00		5,97		67,04	21,75		3,51	1,72	
180					0,00		10,59	49,92	34,41	3,89	1,16		
220						0,00		6,47	42,52	34,10	13,11	3,76	

Zdroj dat: KORUND BENÁTKY, s. r. o., Soubor laboratorních měření za rok 2010.

¹³³ KORUND BENÁTKY, s. r. o., Soubor laboratorních měření za rok 2010, interní dokument.

V této tabulce jsou zachyceny všechny druhy brusných zrn, které byly ve společnosti vyprodukovány během roku 2010. U každé kategorie jsou zprůměřňované výsledky jednotlivých síťových analýz. Vzhledem k množství různých vyrobených zrn je pro každou kategorii rozdílný počet měření od 10 až po 120. Tučně uvedený údaj představuje velikost ok v sítu, na kterém uvízlo vždy množství vzorku uvedeného v příslušném sloupci a řádku pro jednotlivá zrna, výjimkou je pouze vždy poslední údaj v řádku, který představuje celkové množství všech menších zrn, než byla velikost ok na minulém sítu (propad). Jak je patrné, každá jednotlivá kategorie zrna se měří na jiných testových sítích, což již bylo blíže uvedeno v popisu norem FEPA. Tím pádem je z tabulky pouze vidět, jaký podíl jednotlivých velikostí zrn byl v jednotlivých kategoriích.

Zastoupení kategorií zrn dle normy FEPA ve výrobě

I tato data zachycují celé období roku 2010 a představují vždy celoroční produkci jednotlivých brusných zrn karbidu křemíku dle norem FEPA k tomu určených. Údaje jsou ještě doplněny o procentuální podíl těchto zrn na celkové produkci.

Tabulka 8: Struktura výroby

FEPA	Kg	Podíl
10/12	0	0,00 %
14	18840	6,20 %
16	11970	3,94 %
20	26450	8,71 %
22	27050	8,91 %
24	32220	10,61 %
30	21840	7,19 %
36	41980	13,82 %
40	8510	2,80 %
46	12660	4,17 %
54	20470	6,74 %
60	13700	4,51 %
70	15050	4,96 %
80	15860	5,22 %
90	9150	3,01 %
100	2180	0,72 %
120	7930	2,61 %
150	7240	2,38 %
180	3520	1,16 %
220	7040	2,32 %

Zdroj dat: KORUND BENÁTKY, s. r. o., Účetní výkazy za rok 2010.

Jak je vidět v tabulce 8, jednotlivé četnosti se různí. Nejhrubší zrna F 10 a F 12 nejsou vyráběna vůbec, stejně tak ani zrna jemnější než F 220, která by také bylo možno produkovat na třídící lince (tabulka je ani neuvádí, jelikož se jedná již o mikrozrna). Naopak největšího zastoupení dosahuje kategorie F 36, téměř 14 %. Obecně jsou všechny kategorie od F 20 až po F 36 zastoupeny nejvíce.

Prodejnost jednotlivých zrn

Jako další zdroj dat musí sloužit prodejnosti jednotlivých zrn. Pochopitelně data prodejnosti obsahují i prodávané zboží (nikoli jen výrobky jako tomu bylo v předchozí

tabulce), a tak je potřeba porovnávat strukturu prodeje nikoli, absolutní čísla. Ideální stav by byl ten, kdyby procentuální zastoupení jednotlivých brusných zrn ve výrobě odpovídalo jejich procentuálnímu zastoupení na prodeji. Což je vlastně obdoba toho, aby lépe prodejné a ohodnocovaná zrna byla ve výrobě upřednostňována před ostatními.

Tabulka 9: Struktura prodeje

FEPA	Kg	Podíl
12	15563	1,41 %
14	32753	2,96 %
16	61675	5,57 %
20	74110	6,09 %
22	68220	5,60 %
24	168225	13,82 %
30	172000	14,13 %
36	132573	10,89 %
40	43925	3,61 %
46	43842	3,60 %
54	20150	1,65 %
60	45875	3,77 %
70	18110	1,49 %
80	71740	5,49 %
90	36175	2,97 %
100	32225	2,65 %
120	54950	4,51 %
150	55015	4,52 %
180	38525	3,16 %
220	31925	2,62 %

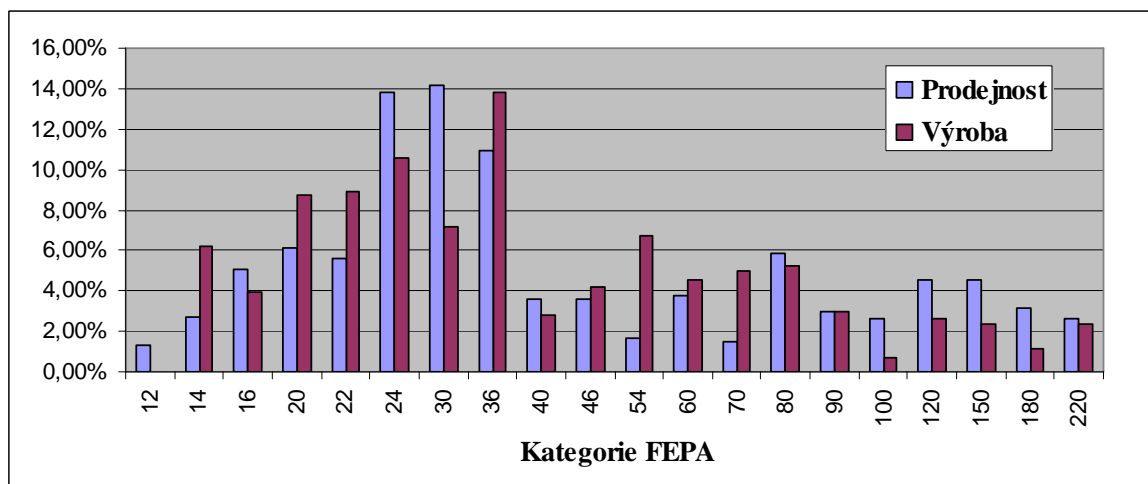
Zdroj dat: KORUND BENÁTKY, s. r. o., Účetní výkazy za rok 2010.

Stejně jako tomu bylo u struktury výroby, i z tabulky prodeje (Tabulka 9) je vidět zastoupení jednotlivých kategorií zrn jak v absolutní hodnotě, tak v procentuálním ohodnocení. Také zde je více zastoupena podobná kategorie zrn F 24 až F 36, avšak vrchol představují zrna F 24 a F 30, i když ve výrobě bylo nejvíce zastoupeno zrno F 36.

4.1.2 Analýza odchylek výroby a prodeje

Na základě dat uvedených v podkapitole 4.1.1 o analýze dat, přesněji tabulek o struktuře výstupu a struktuře prodejnosti, lze definovat rozdíly těchto dvou struktur. Tyto rozdíly

jsou patrné na následujícím grafu (Obrázek 25). Jako vstupní hodnoty pro konstrukci grafu jsou použita data z již zmiňovaných tabulek 8 a 9.



Obrázek 25: Porovnání struktury výroby a prodeje

Zdroj dat: KORUND BENÁTKY, s. r. o., Účetní výkazy za rok 2010.

Z uvedeného grafu vyplývá, že struktura výroby a prodeje se od sebe liší. U některých zrn se jedná jen o nepatrné rozdíly, u jiných jsou rozdíl již významnější. Pro upřesnění, nejedná se o graf celkové produkce, resp. prodeje, ale o znázornění procentuálního zastoupení. Tyto rozdíly společnost vyrovnává nákupem již hotových brusných zrn. Kdyby tak firma nekonala, při uspokojení celkové poptávky po produkci společnosti by docházelo k naskladňování hůře prodejných zrn, naopak při snaze vyprodat vše by docházelo k uspokojení poptávky pouze na 24,54 % (nejnižší poměr prodej/výroba). Společnost tedy uspokojuje poptávku z 24,54 % vlastní produkcí, zbylé množství dokupuje a následně prodává.

Ideální stav by nastal, kdyby struktura prodeje přesně odpovídala struktuře výroby, pochopitelně s neměním se objemem prodeje. Toho však není jednoduché zcela dosáhnout, ale nepatrně změnit strukturu výstupu a tím dosáhnout lepší ziskovosti lze.

4.1.3 Možná opatření

Změna struktury produkce brusného zrna může být učiněna na dvou principech. Jedná se buď o důkladné míchání na základě dlouhodobých síťových analýz nebo změnu nastavení sít v třídící lince. Obě možnosti je pochopitelně možné kombinovat, avšak druhé zmiňované opatření je jen velice obtížně implementovatelné, neboť ke zlepšení dané problematiky by se muselo přistoupit principem pokus omyl, jelikož řešení obsahuje desítky parametrů, které jsou proměnlivé a těžce měřitelné.

Míchání jednotlivých brusných zrn je možné provádět na základě tabulky 7 uvedené v předchozí kapitole. Pokud data z této tabulky dáme do souvislosti s tabulkou požadavků normy FEPA, zjistíme, že všechny jednotlivé kategorie mohou být namíchány z jiných kategorií, pokud se jedná o blízkou kategorii. Z ekonomického hlediska je zde jediná podmínka a to prodejní ceny jednotlivých zrn, kde všechna zrna hrubší než F 90 včetně jsou prodávána za nižší ceny než zrna jemnější. Další takovýto cenový skok je u zrna F 240, ale to se jedná už o přechod na mikrozrna.¹³⁴

Z grafu, který je uveden v minulé kapitole je možné vyvodit konkrétní opatření. Produkci zrna F 20 je potřeba omezit ve prospěch F 16, stejně tak F 36 přesunout do F 30. F 54 omezit ve prospěch F 46, F 80 ve prospěch F 70. Zrna F 54 a F 70, stejně tak jako několik jiných, by bylo lepší rozdělit na obě strany, avšak posun zrna směrem k jemnější kategorii v rámci stanovených tolerancí nejde. Těmito úkony by se mělo dosáhnout lepšího vyrovnaní struktury výroby zrna se strukturou jeho prodejnosti. Pochopitelně existují nesrovnalosti, které odstranit tímto způsobem nejde, požadovaná zrna totiž nemají blízké hrubší zrno s nadměrnou produkcí. Pokud tato zmiňovaná opatření dáme do souvislosti s tabulkou uvádějící maximální podíl zrnitosti v rámci konkrétních kategorií FEPA (Tabulka 4 strana 45) a s reálnými údaji z produkce společnosti (Tabulka 7 strana 76), dostaneme možnosti, v jakém poměru lze uvedená zrna míchat, aby stále odpovídala požadované kategorii. Tyto poměry jsou uvedené v tabulce 10, u kterých bylo postupováno s větší tolerancí, pro naše případy zvolenou na 5 %, aby vlivem nepřesnosti měření nedošlo k případným reklamacím.

¹³⁴ KORUND BENÁTKY, s. r. o., Účetní výkazy za rok 2010, interní dokument.

Tabulka 10: Poměry míchání

Z FEPA	Do FEPA	V poměru
20	16	1:4
36	30	1:5
54	46	1:7
70	60	1:4

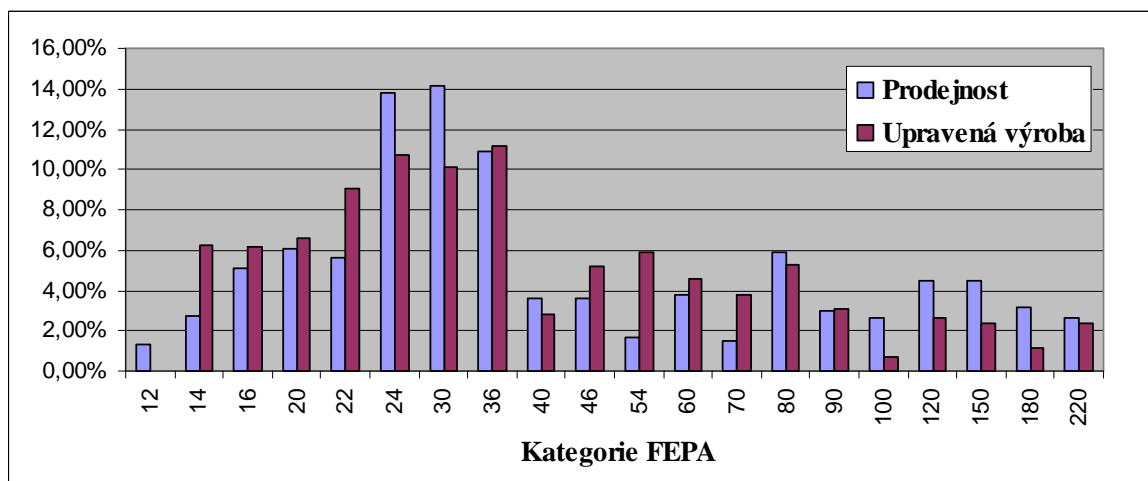
Zdroj dat: Výpočty autora práce.

4.1.4 Návrh implementace opatření a ekonomické dopady

Zavedení opatření ve všech aspektech není nijak náročné. Míchací linka na brusná zrna již ve společnosti existuje. Její vytížení není zdaleka takové, aby na ní nešlo opatření implementovat. Tedy neexistují žádné vstupní náklady pro případné zavedení. Jediným skutečným nákladem jsou energie a mzdové náklady spojené s mícháním. Tyto náklady jsou podle vnitropodnikových kalkulací stanoveny na 500 Kč na tunu. Ostatní náklady jako jsou cla, doprava, režie apod. jsou rozpouštěny do ceny suroviny a náklady na opatření neovlivní.¹³⁵

V důsledku zavedení opatření by se pohnula struktura vyráběného zrna pro osm kategorií FEPA, které uvádí tabulka (Tabulka 10). Tím by se graf srovnávací strukturu výstupu a prodeje také změnil (Obrázek 26).

¹³⁵ KORUND BENÁTKY, s. r. o., Kalkulace pro výrobu, interní dokument.



Obrázek 26: Porovnání struktury výroby a prodeje po zavedení opatření

Zdroj dat: KORUND BENÁTKY, s. r. o., Účetní výkazy za rok 2010 doplněné o výpočty autora práce.

Jak je patrné, došlo ke snížení některých převisů výroby nad prodejností. Pochopitelně by mohl být výsledek mnohem lepší a to především u zrn F 14, F 54 a F 70, avšak F 14 není s čím míchat, neboť zrno F 12 není ve společnosti vyráběno, a F 54 a F 70 nelze míchat v lepším poměru, aby nedocházelo k výrobě zmetků. Díky této změně struktury výroby je možné vyrábět 28,28 % odbytu firmy. Číslo je určeno na základě poměru struktury výroby a struktury prodejnosti pro jednotlivé kategorie. Tento poměr vychází nejhůře u zrna F 54 a jedná se právě o 0,2828. Kdyby společnost vyrobila více jak 28,28 % svého odbytu, došlo by k naskladňování a neprodejnosti zmiňovaného zrna. Před opatřením byl tento poměr stanoven na 0,2454, nejmenší byl také u zrna F 54. Zavedením zmiňovaného opatření by tedy došlo k přesunu 3,74 % celoročního prodeje z nakoupeného zboží na výrobky vlastní produkce.

Celoroční objem prodeje za rok 2010 byl přibližně 1 217,5 tun. Z toho výrobků bylo právě přibližně 24,5 %. Ceny prodávaných výrobků a zboží jsou pochopitelně stejné. Průměrná cena zrn za období 2010 se liší pro jednotlivé zrnitosti a ani během roku nebyla cena stabilní. U hrubších zrn v průběhu roku došlo k relativně pravidelným nárůstům ceny, v celkovém úhrnu okolo 20 %. U zrn jemnějších (nejedná se o mikrozrna) k jednorázovému zdražení o 30 %. Průměrná cena za rok 2010 pro zrna F 12 až F 90 představuje 1006 euro za tunu, u kategorie F 100 až F 180 1048 euro za tunu a u zrna F 220 1122 euro za tunu.¹³⁶ Pokud tyto průměrné roční ceny zprůměrujeme s váhou

¹³⁶ KORUND BENÁTKY, s. r. o., Ceníky za rok 2010, interní dokument.

odpovídající objemu prodeje jednotlivých kategorií, dostaneme cenu 1021 euro na tunu. Tedy za každou prodanou tunu jakéhokoli zrna inkasovala společnost v roce 2010 přibližně 1021 euro.

Veškeré náklady s pořízením a prodejem zboží (brusného zrna) vycházejí na 23,77 Kč/kg. Pro výpočet bylo použito průměrných cen za celé období roku 2010 (kurz 24,5 Kč za euro), kde náklady spojené s každým jednotlivým zrnem byly opatřeny váhou odpovídající jeho podílu na celkovém objemu. Obdobným způsobem byla stanovena průměrná cena vyrobeného zrna zahrnující veškeré náklady od pořízení, přes výrobu až po expedici. Hodnota vyrobeného zrna je 21,73 Kč/kg.¹³⁷

Z cen uvedených v minulém odstavci lze určit, že přesunutím jednoho kilogramu ze zboží do výrobku dojde k zisku 2,04 Kč, resp. dojde k poklesu nákladů ve stejné hodnotě. V důsledku zavedení opatření by došlo k přesunu 45 534,5 kg (3,74 % celkového objemu) ze zboží do výrobků. S tím by byl spjat náklad 500 Kč/tuna na míchání, celkově 22 768 Kč a na druhé straně úspora nákladů ve výši 92 890 Kč. Celkové úspora by tedy tvořila přes 70 000 Kč, vztaženo k období roku 2010.

Tabulka 11: Přehled ekonomických dopadů zaváděného opatření míchání zrna

	Vyrobené zrna	Koupené zrna
Průměrné náklady za kg:	21,73 Kč	23,77 Kč
Rozdíl cen:	2,04 Kč	
Objem prodeje:	1217,5 t	
Podíl na prodeji: (%)	24,54 %	75,46 %
(cca tun)	298,8 t	918,7 t
Změna podílu: (%)	+3,74 %	-3,74 %
(kg)	+45 534,5 Kg	-45 534,5 Kg
Předpokládaná úspora:	92 890 Kč/rok	

Zdroj dat: Výpočty autora práce z dříve uvedených dat.

¹³⁷ KORUND BENÁTKY, s. r. o., Účetní výkazy za rok 2010, interní dokument.

4.2 Příprava materiálu pro výrobu briket karbidu křemíku

V souvislosti s podkapitolou 3.4.2 o problematice spojené s výrobou briket a podkapitolou 3.3.2 popisující proces výroby briket SiC je patrné, že lepších ekonomických výsledků by mohlo být dosaženo za pomoci lepšího namíchání směsi pro výrobu a tím dosažení minimalizování vyráběných zmetků.

4.2.1 Analýza dat

Jak již bylo uvedeno, pro výrobu briket se používá celá řada odpadových materiálů, kde každý z těchto materiálů má jiný obsah SiC. Seznam surovin včetně jejich obsahu SiC popisuje následující tabulka (Tabulka 12). Název materiálů je různorodý, je odvozen od pojmenování užívaného ve výrobě, které většinou koresponduje s původem materiálu.

Tabulka 12: Suroviny s obsahem SiC pro výrobu briket

Materiál	SiC (%)	Cena euro/tuna	Cena 1 % SiC v eurech
Granulát	65	360	5,5
Belgická metalurgie	85	835	9,8
Ukrajinská směs (UKS)	25	100	4
Vlastní recyklát	95	465	4,9
Storsit	65	170	2,6
Mix	70	360	5,1
Norský prach	92	500	5,4
Slovenská metalurgie	65	310	4,8
Polské filtry	82	360	4,4
Polský prach	82	317	3,9
Ukrajinský prach	75	215	2,9
Pecová směs	30	105	3,5
Dánský odpad	90	110	1,2

Zdroj dat: KORUND BENÁTKY, s. r. o., Seznam surovin na výrobu briket.

Při analýze dat z tabulky je potřeba brát v potaz dvě základní kritéria. Brikety jsou vyráběny s garantovaným množstvím karbidu křemíku, toto množství se různí pro jednotlivé typy briket, ale nejčastěji se jedná o garanci 60 % SiC. Toto omezení se týká především zpracování UKS (ukrajinská směs) a pecové směsi, která obsahuje pouze 25 %, resp. 30 %, SiC.

Druhé kritérium je dostupnost jednotlivých surovin. Zatímco množství drahého materiálu, jako je ten belgický obsahující 85 % SiC, je téměř neomezené, těch levných, značených jako dánský odpad, Storsit nebo prach z Ukrajiny, je minimum.

Podle těchto dvou kritérií lze vyhodnotit, že nejlepší je používání filtrů a prachu z Polska. Ještě lepší by bylo užívat prach z Ukrajiny, ale ten, stejně jako řada dalších, má problém s dostupností, u dalších materiálů je problém s cenou nebo obsahem SiC, případně se vším najednou. Polský prach a filtry mají vysoký obsah SiC, a tak se mohou volně míchat s pecovou směsí a UKS. Vedle toho i jejich pořizovací cena odpovídá dolní hranici z uvedeného výčtu nebo je alespoň přijatelná s porovnáním se surovinou z Belgie.

4.2.2 Možná opatření

Informací z předchozí podkapitoly jsou si vědomi i ve společnosti, avšak použití těchto materiálů s sebou nese obtíže popisované v části textu 3.4.2 Slabá místa v procesech spojených s výrobou briket.

Ve zpracování prachu by šel problém odstranit dvěma možnými způsoby. První z možností je záměrné vyrábění zmetků lisováním. Ač se to zdá nelogické, svou efektivitu by to mělo, jelikož každá špatně vyrobená briketa se vrací na začátek celého cyklu jako vstupní materiál pro drcení. Možnost implementace tohoto opatření bohužel naráží na zásadní problém nedostatečné kapacity sušárny, kterou, vzhledem k prostorovým možnostem a finanční náročnosti, není možné v současnosti rozšířit. Z tohoto důvodu by musely být brikety okamžitě odebírány a sušeny jinde volně ložené, což by procesu vysoušení nevadilo, jen by trval delší dobu. Ovšem okamžité sbírání sebou přináší další komplikace.

Jak bylo uvedeno, vysoušené brikety jsou sbírány mechanicky, u nevysoušených briket to však není možné z technologických důvodů. Došlo by k rozpadu a většina materiálu by zůstala na desce. Z těchto důvodů přichází v úvahu pouze manuální sbírání, což by značně zpomalilo produkci. Nemluvě o ekonomické nákladnosti celého procesu sbírání. Manuální

sbírání briket v dřívější době ve společnosti probíhalo, ale právě kvůli ceně a namáhavosti této práce došlo k mechanizaci celého procesu.

Jako druhé možné opatření se nabízí předpřipravení vstupního materiálu tak, aby bylo dosaženo jeho větší celistvosti. Může se jednat o granulování, které je jistě technologicky možné. V současnosti se tento postup provádí například v Polsku, odkud společnost granulát odebírá. Avšak zde by se muselo jednat o vlastní výrobu nebo výrobu granulátor na zakázku, jelikož běžně se pro tyto značně specifické účely nic nevyrábí. Výroba tohoto stroje by jistě byla značně nákladná a s nejistým výsledkem vzhledem k omezenému množství informací. Vedle toho je ovšem možnost provést prosté míchání prachu s cementem či jiným pojivým materiálem, například vodním sklem (v minulosti se také při výrobě užívalo).

Prašné materiály by mohly být míchány v poměru deset ku jedné s portlandským cementem. Tento poměr je určen na základě odborného odhadu příslušných pracovníků. Namíchanou směs by stačilo sušit volně na hromadě po dobu k tomu potřebnou. Časový interval zde nehraje roli, jelikož všechny pořízený materiál se musí sušit. Vysušený mix by poté putoval na drcení, čímž by vznikl jakýsi polotovár. Polotovarem by se dosáhlo možného většího zastoupení prašných materiálů ve výrobě a spolu s nimi by se mohlo vyrábět z materiálů s menším obsahem SiC, jelikož prašný materiál má jeho obsah vysoký.

Samotné míchání by probíhalo ve specializované míchačce. Několik míchaček bylo již ve společnosti vyrobeno a mimo ekonomických aspektů a hlediska času v tom není žádný významný problém. Stejně tak ani umístění nehraje zásadní roli, neboť společnost disponuje velkým množstvím nevyužitých otevřených i zastřešených ploch.

4.2.3 Návrh implementace opatření a ekonomické dopady

Pro uskutečnění navrženého opatření je nezbytná výroba míchacího zařízení. Jak již bylo uvedeno, několik těchto zařízení bylo v minulosti společností vyrobeno a na základě přímých i nepřímých nákladů byl tento stroj ohodnocen na 100 000 Kč. Tato suma

představuje jednorázový vstupní náklad. Vedle toho je potřeba také analyzovat náklady na samotné míchání a drcení. Tyto náklady je možné vzít z vnitropodnikových kalkulací, jelikož obdobné činnosti jsou běžně prováděny. Náklady míchání jsou ohodnocovány 600 Kč na tunu (složitější proces než u míchání zrna), náklady na drcení společnost vyhodnocuje jako 400 Kč na tunu. K tomu je ještě potřeba započítat náklady na materiál, ty na jednu tunu vyrobeného polotovaru představují 100 kg portlandského cementu v hodnotě 10,7 euro a 900 kg polského prachu obsahující SiC, v průměru společnost tento prach nakupuje za 317 euro za tunu, jak je uvedeno v předchozích podkapitolách. V konečném součtu jedna tuna nadrceného polotovaru odpovídá hodnotě 8 252 Kč, s předpokládaným kurzem 24,50 Kč za 1 euro. Tento kurz bude nadále použit pro všechny přepočty cen, jelikož většina obchodů společnosti probíhá právě v eurech.

Určení předpokládaných výnosů je obtížnější. Předpokládaná denní produkce míchacího stroje představuje 18 tun upraveného prachu + 2 tuny cementu. Denní produkce byla opět určena na základě zkušeností pracovníků s obdobnými postupy. Výsledná směs by měla pochopitelně změněný obsah SiC (důsledek míchání), jednalo by se o posun z 82 % na 74 %. Oproti tomu by zase došlo k nabytí materiálu o 10 %.

Pokud si nyní vezmeme, že maximální přípustné množství prachu je vzhledem k technologickým možnostem 30 % v 1 tuně briket s 60 % SiC, které jsou vyráběny nejvíce a maximální množství polotovaru vytvořeného polským prachem, které je možné s jistotou z technologických důvodů použít, se pohybuje okolo 10 %, což představuje přibližně dalších 9 % prachu, tak je vlastně dosaženo, že v každé tuně produkováných briket může být až 39 % prachu. Bez použití polotovaru by takto vysoký obsah prašných materiálů zapříčinil nedostatečnou kvalitu produktu. Doplněných 9 % polotovaru nahrazuje podíl všech ostatních materiálů obsahujících SiC a další nezbytné látky, kterých bývá z pravidla 84 %. Zbylých 16 % jsou součástí lisované směsi nutné k výrobě, jako je cement nebo voda.

Tento 9% nahrazený podíl představuje celé spektrum různých materiálů obsahujících různé množství SiC a uhlíku (především v UKS). V tabulce pod textem (Tabulka 12) je názorné

srovnání obou možných receptur, včetně nákladového hlediska. Náklady na práci a nezbytný materiál uvedeny nejsou, neboť jsou u obou stejné.

Tabulka 13: Nákladové dopady změny receptury

	SiC (%)	Kč/t	V 1 t briket (%)
Receptura s polotovarem			
Polotovar z prachu	74	8252	10
Původní směs	70	8330	76
Celkem	60,6	Cena 1 tuny směsi:	7156
Původní receptura			
Původní směs	70	8330	86
Celkem	60,2	Cena 1 tuny směsi:	7164

Zdroj dat: KORUND BENÁTKY, s. r. o., Kalkulace pro výrobu doplněné o autorem vypočítaná data.

Z tabulky je patrné, že při použití 10 % polotovaru je na jednu tunu briket potřeba 7 156 Kč na materiál. V současnosti z dlouhodobého hlediska společnost vyrábí se spotřebovaným materiálem v hodnotě 7 164 Kč na jednu tunu. To by odpovídalo úspoře nákladů 8 Kč na tunu briket, resp. na 100 kg polotovaru zpracovaného z polského prachu nakupovaného společností. Vzniklá úspora odpovídá 40 Kč na 1 tunu polotovaru, což není nijak významné číslo, ale při zmiňované kapacitě 20 tun denně, celoroční předpokládaná úspora činí 192 000 Kč, s ohledem na to, že maximální přípustná spotřeba je 2 400 tun ročně (10 % celkové výroby briket). Tato možná úspora s pořizovacími náklady na míchací zařízení ve výši 100 000 Kč představuje ekonomický dopad během prvního roku 92 000 Kč formou poklesu nákladů. Během dalších let již celých 192 000 Kč. Všechny tyto údaje jsou přehledně uvedeny v tabulce číslo 14, která je uvedena na následující straně.

Tabulka 14: Přehled ekonomických dopadů zaváděného opatření výroby polotovaru

	Nově	Původně
Stavba míchacího stroje:	100 000 Kč	X
Materiál na polotovar:	725,2 Kč/t	X
Ostatní materiál:	6330,8 Kč/t	7 164 Kč/t
Vedlejší náklady výroby:	100 Kč/t	X
Celkem:	7 156 Kč/t	7 164 Kč/t
Předpokládaná úspora:	8 Kč/t	X
Roční produkce:	24 000 t	
Úspora ročních nákladů:	92 000 Kč/první rok	192 000 Kč/další roky

Zdroj dat: Výpočty autora práce z dříve uvedených dat.

Závěr

Cílem této práce byla optimalizace kvality zpracování karbidu křemíku ve společnosti KORUND BENÁTKY, s. r. o. V tomto duchu byla nejprve shrnuta obecná teorie o řízení jakosti a posléze i teorie o karbidu křemíku. Od obecné roviny ohledně karbidu křemíku práce volně přechází k informacím o společnosti a následně podrobnému popisu výrobních technologií a procesů s nimi spojenými. Z těchto informací bylo dále čerpáno a v korespondenci s cílem práce, byla navržena dvě možná opatření. Obě dvě vychází z popisovaných slabých míst ve výrobě společnosti. Ke vzniku návrhů těchto opatření byla také použita nezbytná data z účetnictví společnosti a výroby.

První opatření bylo navrženo vzhledem k výrobě brusných zrn. Ze zevrubné analýzy struktury výroby v porovnání se strukturou prodeje za rok 2010 bylo navrženo opatření, které by při své implementaci mělo dopad ve smyslu přesunutí 3,74 % celkového objemu prodeje od nakoupeného zboží k produktům vlastní výroby. Což by v celkovém důsledku při zahrnutí všech relevantních nákladů přineslo předpokládaný dopad ve smyslu úspory nákladů ve výši 92 890 Kč za rok.

Druhé možné opatření pak bylo orientováno do produkce briket karbidu křemíku, kde bylo navrženo použití polotovaru vlastní výroby. Tím by se jednak dosáhlo lepší kvality produkovaných briket a také by došlo k úspoře nákladů 192 000 Kč za rok s předpokládanou vstupní investicí 100 000 Kč.

Důkladná analýza všech výrobních prvků by jistě odhalila i další příčiny nekvality nebo jiná možná opatření. Jak bylo naznačeno v této práci, mohlo by se například jednat o nastavení sít pro produkci brusného zrna nebo větší zapojení polských filtrů pro výrobu briket karbidu křemíku. Avšak k vyvození relevantních závěrů o zmíněné problematice by bylo potřeba dlouhodobého zkoumání a především velmi nákladných pokusů.

Použitá literatura

ASTM International Standards Worldwide [online]. 2011 [cit. 2011-02-15].

ASTM E11 - 09e1. Dostupné z WWW: <<http://www.astm.org/Standards/E11.htm>>.

BERWICK, D. M. *Exchange2improve* [online]. 2008 [cit. 2011-03-15]. Joseph M. Juran 1904-2008. Dostupné z WWW: <<http://asq.org/juran/comments.html>>.

BRUNCLÍKOVÁ, J. *Technologický postup měření SiC*. Interní norma. Mnichovo Hradiště : KOLTEX COLOR, s. r. o., 2007. 4 s.

Ceníky za rok 2010. Interní dokument. Benátky nad Jizerou : KORUND BENÁTKY, s. r. o., 2011. 10 s.

ČERNÝ, V.; POSPÍŠIL, L. *Brusivo a brusné nástroje*. Praha : SNTL, 1967. 143 s.

ČSN EN ISO 9000. *Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník*. [s.l.] : Český normalizační institut, duben 2006. 62 s. 01 0300.

ČSN EN ISO 9001. *Systémy managementu jakosti – Požadavky*. [s.l.] : Český normalizační institut, Březen 2002. 51 s. 01 0321.

ČSN EN ISO 9004. *Řízení udržitelného úspěchu organizace – Přístup managementu kvality*. [s.l.] : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Květen 2010. 71 s. 01 0324 .

DUDEK, M. *Centrum informačních technologií* [online]. červenec 2001 [cit. 2010-12-15]. Od kontroly jakosti k ISO 9000. Dostupné z WWW: <<http://katedry.fmfi.vsb.cz/639/qmag/mj20-cz.htm>>.

Exchange2improve [online]. 2007 [cit. 2011-04-15]. Model EFQM.

Dostupné z WWW: <<http://www.exchange2improve.com/wp-content/uploads/2007/07/efqm-small.gif>>.

FEIGENBAUM, A. V. *Total Quality Control*. 3rd. ed., rev. New York : McGraw-Hill, 1991. 863 s. ISBN 0-07-020354-7.

FEPA Standard 42-1:2006(en). *Grains of fused aluminium oxide, silicon carbide and other abrasive materials for bonder abrasives and for general industrial applications : Macrogrifs F 4 to F 220*. [s.l.] : Fédération Européenne des Fabricants de Produits Abrasifs, 2006. 13 s.

FEPA Standard 42-2:2006(en). *Grains of fused aluminium oxide, silicon carbide and other abrasive materials for bonder abrasives and for general industrial applications : Microgrifs F 230 to F 2000*. [s.l.] : Fédération Européenne des Fabricants de Produits Abrasifs, 2006. 10 s.

FEPA Standard 45-GB-1986 R 1993. *FEPA Standard Chemical Analysis of Silicon Carbide*. Manchester : The British Abrasive Federation, 1993. 32 s.

FREHR, H. U. *Total Quality Management*. Vyd. 1. Brno : UNIS, 1993. 253 s. ISBN 3-446-17135-5.

GOMES, H. *Quality Quotes*. Milwaukee : ASQ Quality Press, 1996. 249 p. ISBN 0-87-389-407-3.

HONOVÁ, L. *Problematika certifikace jakosti v ČR*. [s.l.], 2007. 62 s. Bakalářská práce. Středočeský vysokoškolský institut, s. r. o., Katedra obchodu.

JANEČEK, Z. *Jakost – potřeba moderního člověka*. Vyd. 1. Praha : Národní informační středisko pro podporu jakosti, 2004. 106 s. ISBN 80-02-01687-4.

Kalkulace pro výrobu. Interní dokument. Benátky nad Jizerou :
KORUND BENÁTKY, s. r. o., 2011. 8 s.

Katalog Materiálů. Interní dokument. Mnichovo Hradiště : KOLTEX COLOR, s. r. o.,
2011. 16 s.

KAVALÍR. *Výroba zrn černého karbidu křemíku.* Interní norma. Benátky nad Jizerou :
Carborundum Electrite a. s., 2001. 8 s.

KLIMEŠ, B., et al. *Matematické, fyzikální a chemické tabulky pro střední školy.* Vyd. 3.
Praha : Prometheus, 2003. Fyzikální a chemické tabulky, 206 s. ISBN 80-85849-84-4.

KOLOMAZNÍK, M. *Studium některých fyzikálních vlastností karbidu křemíku k
posouzení jeho kvality.* [s.l.], 1975. 77 s. Diplomová práce. VŠST Liberec, Fakulta strojní.
DP ST- 1110/75.

KOLTEX COLOR, s. r. o. [online]. 2009 [cit. 2011-04-15].
Dostupné z WWW: < <http://www.koltex.cz> >.

KORUND BENÁTKY, s. r. o. [online]. 2009 [cit. 2011-04-15].
Dostupné z WWW: <<http://www.korund.cz>>.

MIZUNO, S. *Řízení jakosti.* 1. vyd. Praha: Victoria Publishing, 1994. 301 s.
ISBN 80-85605-38-4.

NENADÁL, J. et al. *Moderní management jakosti : principy, postupy, metody.* 1. vyd.
Praha: Management Press, 2008. 377 s. ISBN 978-80-7261-186-7.

NENADÁL, J. et al. *Moderní systémy řízení jakosti : Quality management.* 1. vyd. Praha:
Management Press, 1998. 283 s. ISBN 80-85943-63-8.

NENADÁL, J. *Měření v systémech managementu jakosti*. Vyd. 1. Praha : Management press, 2001. 305 s. ISBN 80-7261-054-6.

Sibera-kotouce [online]. 2011 [cit. 2011-04-15]. Co je zrnitost.

Dostupné z WWW: <<http://www.sibera-kotouce.cz/co-je-zrnitost-a13>>.

Silicon Carbide from the Netherlands. Firemní katalog. Farmsum :

Kollo silicon Carbide b. v., 4 s.

Silicon Karbide. Firemní katalog. Frechen-Gefrath : ESK-SIC GmbH, 4 s.

Soubor laboratorních měření za rok 2010. Interní dokument. Benátky nad Jizerou :

KORUND BENÁTKY, s. r. o., 2011.

SPEJCHALOVÁ, D. *Management kvality*. Vyd. 1. Praha : VŠEM, 2007. 227 s.

ISBN 987-80-86730-22-6.

STN EN ISO 19011. *Návod na auditovanie systému manažérstva kvality a/alebo systému environmentálneho*. [s.l.] : Slovenský ústav technickej normalizácie, Duben 2003. 71 s. 01 0330.

Účetní výkazy za rok 2010. Interní dokument. Benátky nad Jizerou :

KORUND BENÁTKY, s. r. o., 2011.

Vectorstudy [online]. 2008 [cit. 2011-03-10]. Deming Cycle.

Dostupné z WWW: <http://vectorstudy.com/management_theories/deming_cycle.htm>.

Poděkování

Rád bych zde poděkoval Ing. Jaromíru Švihovskému., Ph.D. za to, že se ujal vedení této práce, za vřelý přístup při konzultacích, podnětné připomínky a rady, které vedly k jejímu vypracování. Nezbytné poděkování patří i celé společnosti KORUND BENÁTKY, s. r. o. za možnost zde diplomovou práci vypracovat a panu Jaroslavovi Havlovi a Josefu Kadeřábekovi za cenné rady a konzultace, bez kterých by práce vzniknout nemohla.

Dále děkuji své rodině a blízkým za podporu, kterou mi poskytla nejen k úspěšnému dokončení této práce, ale i během celého studia.